

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE
CAMPUS CASCAVEL- CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM ENGENHARIA
AGRÍCOLA
ENGENHARIA DE SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS / RECURSOS HÍDRICOS E
SANEAMENTO AMBIENTAL

**PADRÕES DE POTABILIDADE, PARA AGROTÓXICOS E METABÓLITOS EM
ÁGUA, EM ESTADOS DE SANTA CATARINA, PARANÁ E MATO GROSSO DO
SUL**

CASCAVEL – PR

2025

DIOGO MULLER LACERDA

**PADRÕES DE POTABILIDADE, PARA AGROTÓXICOS E METABÓLITOS EM
ÁGUA, EM ESTADOS DE SANTA CATARINA, PARANÁ E MATO GROSSO DO
SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Strictu Senso* em Engenharia Agrícola, Área de concentração em Recursos Hídricos e Saneamento ambiental - Nível Mestrado, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Orientadora: Dra. Jackeline Tatiane Gotardo

CASCADEL – PR

2025

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Muller Lacerda, Diogo

PADRÕES DE POTABILIDADE, PARA AGROTÓXICOS E METABÓLITOS EM
ÁGUA, EM ESTADOS DE SANTA CATARINA, PARANÁ E MATO GROSSO DO
SUL / Diogo Muller Lacerda; orientadora Jackeline Tatiane
Gotardo. -- Cascavel, 2025.

90 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Cascavel) --
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências
Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, 2025.

1. Potabilidade. 2. CONAMA 357. 3. Portaria 888. 4.
Monitoramento. I. Tatiane Gotardo, Jackeline, orient. II.
Título.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Reitoria

CNPJ 78.680.337/0001-84
Rua Universitária, 1619, Jardim Universitário
Tel.: (45) 3220-3000 - www.unioeste.br
CEP: 85819-110 - Cx. P.: 701
Cascavel - PARANÁ



DIOGO MULLER LACERDA

PADRÕES DE POTABILIDADE, PARA AGROTÓXICOS E METABÓLITOS EM ÁGUA, NOS ESTADOS DO PARANÁ, SANTA CATARINA E MATO GROSSO DO SUL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre e em Engenharia Agrícola, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, linha de pesquisa Saneamento Ambiental, APROVADO pela seguinte banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **JACKELINE TATIANE GOTARDO**
Data: 13/02/2025 17:57:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador(a) - Jackeline Tatiane Gotardo

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Documento assinado digitalmente
 **MARCIO ANTONIO VILAS BOAS**
Data: 18/02/2025 11:00:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Marcio Antonio Vilas Boas

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Documento assinado digitalmente
 **FERNANDA CRISTINA ARAUJO**
Data: 17/02/2025 10:05:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Fernanda Cristina Araujo

Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)

Cascavel, 13 de fevereiro de 2025.

BIOGRAFIA RESUMIDA:

Diogo Muller Lacerda, nascido em 26 de dezembro de 1984, natural da cidade de Umuarama no estado do Paraná. Iniciou a carreira acadêmica no ano de 2005, realizando o curso de Biomedicina na Universidade Paranaense - UNIPAR. No ano de 2011 deu início a pós-graduação em Análises Clínicas e Toxicologia pela Faculdade Assis Gurgacz - FAG.

Em 2011 assumiu como professor junto as Faculdades Integradas do Vale do Iguaçu - UNIGUAÇU, na cidade de União da Vitória - PR. Já no ano de 2013 teve a oportunidade de migrar de área, iniciando assim sua carreira nas Análises Clínicas. Nesse ano, iniciou como analista junto ao Laboratório Álvaro - DASA, onde ali especializou-se em várias áreas destacando-se a Imunofluorescência, doenças autoimunes e qualidade analítica, tornando-se auditor em normas importantes nacionais e internacionais como: ISO e PALC.

No ano de 2018, em Cascavel, iniciou sua jornada junto ao grupo BIOVEL, onde permaneceu até 2024, na função de Coordenador Técnico. Após longo trabalho e resultados perceptíveis, em 2020, assumiu a posição de Diretor Técnico. No ano de 2021, iniciou como Diretor Técnico junto ao Laboratório A3Q, especializado em análises ambientais e alimentícias, permanecendo até meados de 2024. Ainda no ano de 2022, assumiu como professor adjunto na faculdade UNIMEO-CETESOP na cidade de Assis Chateaubriand, lecionando as matérias de: Imunologia; Anatomia; Microbiologia entre outras, permanecendo na instituição até 2023.

No ano de 2022 deu início a pós-graduação em nível de mestrado junto ao programa PGEAGRI, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE na cidade de Cascavel.

Em 2023 iniciou e permanece até hoje como Coordenador do curso de Biomedicina na Faculdade Dinâmica das Cataratas - UDC, na cidade de Foz do Iguaçu onde, além de coordenar o curso, ministra aulas em diversas áreas tais como: Bioquímica; Hematologia; Parasitologia; Microbiologia entre outras. E, em 2024, assumiu como Diretor Geral do *campus* da mesma instituição.

LACERDA, Diogo Muller. **Padrões de potabilidade, para Agrotóxicos e metabólitos em água, em estados de Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso Do Sul.** Orientadora: Dra. Jackeline Tatiane Gotardo. 2025. 90 p. – (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2025.

RESUMO

A identificação e a avaliação da qualidade da água para consumo, são de grande importância para conhecimento do estado atual da água consumida. O uso de pesticidas e outros contaminantes, estão entre os principais instrumentos do atual modelo da agricultura brasileira. Tendem a acumular-se, e seus resíduos podem chegar às águas superficiais. O uso intensivo desses mecanismos está associado a agravos à saúde da população e à degradação do meio ambiente. Atualmente, os agrotóxicos mais utilizados na agricultura são os organofosforados e carbamatos, que possuem atividade inseticida muito eficiente, devido a sua característica de inibir a enzima acetilcolinesterase no sistema nervoso, o que atinge o objetivo em insetos, mas pode atuar também em mamíferos, caracterizando-se assim um problema aos seres vivos. Nesse contexto, algumas legislações trazem delimitações visando controle para esses contaminantes. A resolução CONAMA n.º 357 de 2005, define e classifica as águas próprias para consumo humano, delimitando critérios para compostos orgânicos e inorgânicos. A Lei n.º 7.802 de 11 de julho de 1989, define agrotóxicos como: “Produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos para uso no cultivo, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas”. Além da resolução CONAMA n.º 357, outra normativa importante que entrou em vigor no ano de 2021 foi a Portaria GM/MS n.º 888, que dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Esta portaria estabelece limite máximo de resíduos (LMR) específicos para 54 contaminantes. Realizou-se um estudo estatístico nas bases de dados do Laboratório A3Q, da cidade de Cascavel/PR, laboratório com atuação nacional e referência em análises ambientais, a fim de identificar contaminações em amostras de águas, analisando solicitações relacionadas a PORTARIA CONAMA 357 e GM/MS 888, no período compreendido entre janeiro de 2021 a agosto de 2023. Foram avaliados mais de 10.000 solicitações nos mais variados compostos, sendo filtradas e organizadas de acordo com interesse do estudo. Nesse contexto, esse trabalho visou estudar e avaliar por meio do monitoramento de padrões de compostos orgânicos, a possível contaminação da água, em bacias hidrográficas, dos estados do Paraná, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul, a partir da identificação dos padrões de potabilidade. Sendo especializadas e distribuídas nos estados de interesse. Foi realizado o mapeamento das quantidades de solicitações e principais cidades dos estados citados. Realizou-se a avaliação estatística descritivas básicas do banco de dados, fornecendo informações relevantes para o estudo e para novas avaliações futuras. Os resultados demonstraram que resíduos de compostos orgânicos de alta toxicidade, como organofosforados e carbamatos, foram detectados nas matrizes avaliadas, indicando riscos ambientais e à saúde pública. A presença destes compostos reforça a necessidade de políticas, fiscalização e gestão sustentável dos recursos hídricos, bem como a importância e aplicação de práticas de uso consciente.

Palavras-chave: Potabilidade. Agrotóxicos. Monitoramento. CONAMA 357. Portaria 888.

LACERDA, Diogo Muller. **Potability standards for pesticides and metabolites in water in the states of Santa Catarina, Paraná and Mato Grosso do Sul**. Advisor: Dr. Jackeline Tatiane Gotardo. 2025. 90 p. – (Master's in Agricultural Engineering) - Postgraduate Program in Agricultural Engineering at the State University of Western Paraná, Cascavel, 2025.

ABSTRACT

Identifying and assessing the quality of drinking water is of great importance for understanding the current state of the water consumed. The use of pesticides and other contaminants is one of the main tools used in the current Brazilian agricultural model. They tend to accumulate, and their residues can reach surface waters. The intensive use of these mechanisms is associated with health problems for the population and environmental degradation. Currently, the most widely used pesticides in agriculture are organophosphates and carbamates, which have very efficient insecticide activity due to their characteristic of inhibiting the enzyme acetylcholinesterase in the nervous system, which achieves its objective in insects but can also act on mammals, thus characterizing a problem for living beings. In this context, some legislation provides limitations aimed at controlling these contaminants. CONAMA resolution No. 357 of 2005 defines and classifies water suitable for human consumption, delimiting criteria for organic and inorganic compounds. Law No. 7,802 of July 11, 1989, defines pesticides as: "Products and agents of physical, chemical or biological processes for use in the cultivation, storage and processing of agricultural products". In addition to CONAMA resolution No. 357, another important regulation that came into force in 2021 was Ordinance GM/MS No. 888, which establishes procedures for controlling and monitoring the quality of water for human consumption and its potability standard. This Ordinance establishes specific maximum residue limits (MRLs) for 54 contaminants. A statistical study was carried out in the databases of the A3Q Laboratory, located in the city of Cascavel/PR, a laboratory with national operations and a reference in environmental analysis, in order to identify contamination in water samples, analyzing requests related to CONAMA ORDINANCE 357 and GM/MS 888, in the period between January 2021 and August 2023. More than 10,000 requests were evaluated in the most varied compounds, being filtered and organized according to the interest of the study. In this context, this work aimed to study and evaluate, through monitoring patterns of organic compounds, the possible contamination of water in river basins in the states of Paraná, Santa Catarina and Mato Grosso do Sul, based on the identification of potability patterns. These were spatially distributed in the states of interest. The quantities of requests and main cities of the states mentioned were mapped. Basic descriptive statistical evaluation of the database was carried out, providing relevant information for the study and for new future evaluations. The results demonstrated that residues of highly toxic organic compounds, such as organophosphates and carbamates, were detected in the evaluated matrices, indicating environmental and public health risks. The presence of these compounds reinforces the need for policies, monitoring and sustainable management of water resources, as well as the importance and application of conscious use practices.

Keywords: Potability. Pesticides. Monitoring. CONAMA 357. Ordinance 888.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	13
2.1 GERAL	13
2.2 ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 ESG E LEGISLAÇÕES	18
3.2 TOXICIDADE E CLASSIFICAÇÃO DOS AGROTÓXICOS	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 SELEÇÃO DOS DADOS	23
4.1.1 DELIMITAÇÃO GEOGRÁFICA E DE MATRIZES	27
4.2 HIDROGRAFIA REGIONAL	32
4.3 CRITÉRIOS TEMPORAIS	35
4.4 IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS	35
4.5 LEVANTAMENTO E LISTAGEM DOS COMPOSTOS PRESENTES EM CADA BANCO DE DADOS	36
4.6 - CATEGORIZAÇÃO DOS COMPOSTOS E MATRIZES DE ACORDO COM AS NORMATIVAS	38
4.7 QUANTIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE CADA COMPOSTO EM AMBAS AS PORTARIAS	39
4.8 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS POR COMPOSTO	42
4.9 ANÁLISE MULTIVARIADA	43
4.9.1 ESCOLHA DE TÉCNICAS MULTIVARIADAS	45
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.10 CONAMA 357	47
4.10.1 CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE AGRUPAMENTO	59
4.10.2 ESTATÍSTICA EXPLORATÓRIA	68
4.11 PORTARIA 888/2021	73
5 CONCLUSÕES	81
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
7 REFERÊNCIAS	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela quantitativa de solicitações CONAMA/357 por estado.....	24
Tabela 2 – Tabela quantitativa de solicitações CONAMA/357 por matriz.....	25
Tabela 3 - Tabela quantitativa de solicitações CONAMA/357 por cidades (25 mais relevantes).....	25
Tabela 4 - Tabela quantitativa de solicitações Portaria 888/21 por estado.....	26
Tabela 5 - Tabela quantitativa de solicitações Portaria 888/21 por matriz.....	26
Tabela 6 - Tabela quantitativa de solicitações Portaria 888/21 por cidades (15 mais relevantes).....	26
Tabela 7 - Tabela quantitativa de solicitações. Portaria 888/21 por estado, pós tratamento.....	29
Tabela 8 - Tabela quantitativa de solicitações. Portaria 888/21 por matriz, pós tratamento.....	30
Tabela 9 - Tabela quantitativa de solicitações. Portaria 888/21 por cidades (15 mais relevantes), pós tratamento.....	30
Tabela 10 - Tabela quantitativa de solicitações. CONAMA/357 por estado, pós tratamento.....	31
Tabela 11 - Tabela quantitativa de solicitações. CONAMA/357 por matriz, pós tratamento.....	31
Tabela 12 - Tabela quantitativa de solicitações. CONAMA/357 por cidades (25 mais relevantes), pós tratamento.....	31
Tabela 13 - Tabela quantitativa de amostras por matriz nas bases de dados.....	36
Tabela 14 - Tabela quantitativa de resultados por matriz nas bases de dados.....	38
Tabela 15 - Tabela Expositiva de Parâmetros; Unidades de Medida; VMP; LQ. Resolução CONAMA 357.....	40
Tabela 16 - Tabela Expositiva de Parâmetros; Unidades de Medida; VMP; LQ. PORTARIA GM/MS 888/21.....	41
Tabela 17 - Tabela quantitativa de solicitações. CONAMA/357 por estado, pós tratamento.....	50
Tabela 18 - Tabela quantitativa de solicitações. CONAMA/357 por matriz, pós tratamento.....	50
Tabela 19 - Tabela quantitativa de solicitações. CONAMA/357 por cidades (25 mais relevantes), pós tratamento.....	50

Tabela 20 - Tabela quantitativa dos compostos com VMP acima do permitido. CONAMA/357.....	52
Tabela 21 - Tabela Expositiva de Parâmetros; Unidades de Medida; VMP; LQ; Quantidade de OS's; Resultados Superiores ao VMP. Resolução CONAMA 357/2005.....	58
Tabela 22 – Tabela Estatística Exploratória. Resolução CONAMA 357/2005.....	70
Tabela 23 - Tabela quantitativa de solicitações. Portaria 888/21 por estado, pós-tratamento.....	73
Tabela 24 - Tabela quantitativa de solicitações. Portaria 888/21 por matriz, pós tratamento.....	73
Tabela 25 - Tabela quantitativa de solicitações. Portaria 888/21 por cidades.....	74
Tabela 26 - Tabela Estatística Exploratória. Portaria GM/MS 888/2021.....	77

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CLASSES DE ENQUADRAMENTO E RESPECTIVOS USOS E QUALIDADE DA ÁGUA.....	15
FIGURA 2 - CLASSES TOXICOLÓGICAS DOS AGROTÓXICOS COM BASE NA DL50.....	21
FIGURA 3 - MAPA 1 - ESPACIALIZAÇÃO DA QUANTIDADE DE COLETAS PORTARIA GM/MS 888/21 POR ESTADO.....	28
FIGURA 4 - MAPA 2 - ESPACIALIZAÇÃO DA QUANTIDADE DE COLETAS RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005 POR ESTADO.....	28
FIGURA 5 - MAPA 3 - REGIÕES HIDROGRÁFICAS (MACROBACIAS) X ESTADOS DO ESTUDO.....	33
FIGURA 6 - MAPA 4 - REGIÕES HIDROGRÁFICAS E PRINCIPAIS RIOS NOS ESTADOS EM ESTUDO.....	34
FIGURA 7 - TABELA DEMONSTRATIVA ANÁLISE MULTIVARIADA.....	44
FIGURA 8 - MAPA 5 - ESPACIALIZAÇÃO REGIÃO DO ESTUDO. RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.....	47
FIGURA 9 - MAPA 6 - ESPACIALIZAÇÃO PARANÁ X CIDADE. RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.....	48
FIGURA 10 - MAPA 7 - ESPACIALIZAÇÃO MATO GROSSO DO SUL X CIDADE. RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.....	49
FIGURA 11 - MAPA 8 - ESPACIALIZAÇÃO SANTA CATARINA X CIDADE. RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.....	49
FIGURA 12 - MAPA 9 - ESPACIALIZAÇÃO OCORRÊNCIAS BENZENO. RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.....	53
FIGURA 13 - MAPA 10 - ESPACIALIZAÇÃO OCORRÊNCIAS DICLOROMETANO. RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.....	53
FIGURA 14 - MAPA 11 - ESPACIALIZAÇÃO OCORRÊNCIAS ESTIRENO. RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.....	54
FIGURA 15 - MAPA 12 - ESPACIALIZAÇÃO OCORRÊNCIAS ETILBENZENO. RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.....	54
FIGURA 16 - MAPA 13 - ESPACIALIZAÇÃO OCORRÊNCIAS SURFACTANTES. RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.....	55
FIGURA 17 - MAPA 14 - ESPACIALIZAÇÃO OCORRÊNCIAS XILENO. RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.....	55

FIGURA 18 - MAPA 15 - ESPACIALIZAÇÃO OCORRÊNCIAS TOLUENO. RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.....	56
FIGURA 19 - ANÁLISE DE CORRELAÇÃO - PORTARIA CONAMA 357/2005.....	59
FIGURA 20 - MAPA 16 - ESPACIALIZAÇÃO REGIÃO DO ESTUDO. PORTARIA GM/MS 888/2021.....	75
FIGURA 21 - MAPA 17 - ESPACIALIZAÇÃO PARANÁ X CIDADE. PORTARIA GM/MS 888/2021.....	75
FIGURA 22 - MAPA 18 - ESPACIALIZAÇÃO MATO GROSSO DO SUL X CIDADE. PORTARIA GM/MS 888/2021.....	76
FIGURA 23- MAPA 19 - ESPACIALIZAÇÃO SANTA CATARINA X CIDADE. PORTARIA GM/MS 888/2021.....	76
FIGURA 24 – GRÁFICO OUTLIER DE DDT + DDD + DDE.....	78

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento e controle da qualidade da água é de fundamental importância para a gestão sustentável dos recursos hídricos permitindo conhecer a atual situação dos corpos hídricos, embasando a elaboração de diagnósticos que podem auxiliar na fiscalização, no licenciamento ambiental e na formulação de políticas ambientais e nas diretrizes para proposição e modernização de normas.

Conforme destaca Jahin *et al.* (2022), a qualidade da água superficial é uma preocupação mundial devido ao seu papel importante em vários aspectos dos ecossistemas. Os recursos superficiais sustentam milhões de pessoas por meio de água para agricultura, indústria e usos municipais. Nesse contexto social e produtivo, deve-se garantir a qualidade da água para o bem-estar humano e a saúde do ecossistema. Sendo assim, o controle passa a ser um grande desafio para países em desenvolvimento e desenvolvidos.

Devido a intensa produção, o Brasil, que envolve várias camadas produtivas, desde a produção em campo como a produção industrial, destaca-se pela grande área produtiva, assim como pela abundância hídrica. No entanto, o uso intensivo de agrotóxicos e resíduos ao longo dessa cadeia produtiva pode representar sérios riscos tanto para a qualidade da água, quanto ao meio ambiente e à saúde dos animais e seres humanos que compartilham esse meio ambiente.

Conforme destaca Cabrera *et al.*, (2017), os agrotóxicos são vistos como uma tecnologia muito eficiente na agricultura por potencializarem a produção e manterem a integridade das plantações, além de reduzirem custos com mão de obra. A aplicação desses compostos não deve levar em conta somente o custo e o benefício ou aumento da produtividade, mas também os problemas ambientais e de saúde que podem provocar. Conforme citado por Gaboardi, *et. al.* (2019), os agrotóxicos não afetam apenas as culturas em que são usados, mas também os trabalhadores que os utilizam diretamente e os consumidores dos alimentos.

Har (2022) descreve que os desafios atuais da sociedade têm tornado a gestão dos negócios uma tarefa com muitas nuances, que exige tomada de decisões importantes relacionadas as estratégias de negócios, bem-estar dos funcionários, mitigação de riscos. As questões ambientais, sociais e de governança

estão permeando cada vez mais as decisões, como quais práticas adotar e quais desempenho e retorno a serem esperados pela sociedade. Dessa forma, o conceito de ESG (em português, Ambiental, Social e Governança) é um conjunto bastante amplo de questões, que justificam a criação de critérios e práticas que direcionam o papel e a responsabilidade dos negócios.

Em meio a esse conceito de produção consciente e responsável, o Brasil como signatário do acordo de Estocolmo, desde 2005, através do decreto n.º 5.472, de 20 de junho, ratifica e reconhece que os poluentes orgânicos persistentes têm propriedades tóxicas, são resistentes à degradação, tem propriedades de bioacumulação e são transportados pelo ar, pela água e pelas espécies migratórias através das fronteiras internacionais e depositados distantes do local de sua liberação, onde se acumulam em ecossistemas terrestres e aquáticos.

Esse acordo conscientiza sobre problemas de saúde, especialmente nos países em desenvolvimento, resultantes da exposição local aos poluentes orgânicos, em especial os efeitos nas mulheres e, por meio delas, nas futuras gerações, e visa proteger a saúde humana e o meio ambiente dos impactos nocivos.

Dentre as medidas adotadas para fortalecer as práticas ambientais, a resolução CONAMA estabelece definições importantes, classificações e LMR (Limites Máximos de Resíduos) alvos para garantir a potabilidade. E, em 2021, entrou em vigor a Portaria GM/MS n.º 888 de maio, que regulamenta os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, na forma do Anexo XX, da portaria de Consolidação GM/MS n.º 5, de 28 de setembro de 2017. Tal portaria estabelece a legislação para 54 agrotóxicos em águas para consumo, aplicando para cada um deles um limite máximo de resíduos (LMR) específico. Além de LMR para 14 Substâncias químicas inorgânicas, 16 substâncias orgânicas e ainda 10 subprodutos de desinfecção.

Conforme destaca Drunkler e Cosmann (2012), as produções agrícolas e pecuárias são fortes eixos da economia brasileira e, nesse contexto, a agricultura praticada em nosso país ainda tem uma forte dependência da utilização de agrotóxicos com a finalidade de controlar pragas e garantir maior produtividade em detrimento da saúde ambiental.

Segundo o relatório de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - IDS (Ibge, 2015), o uso e comercialização de agrotóxicos tem importante relevância para o desenvolvimento sustentável: o aumento da produção de alimentos de maneira sustentável continua sendo o grande desafio do setor agrícola. Os agrotóxicos estão entre os principais instrumentos do atual modelo da agricultura brasileira, centrado em ganhos de produtividade. Como o consumo de agrotóxicos tem crescido no Brasil, monitorar esses compostos, sua atividade é uma necessidade urgente nas mais diversas matrizes ambientais.

Como destacado por Cabrera *et al.* (2017), atualmente, com o avanço das técnicas analíticas é possível quantificar esses compostos em níveis muito baixos, o que possibilita a obtenção de dados que colaboram para avaliar a segurança dos recursos hídricos e alimentos quanto a presenças dessas substâncias. Assim, a técnica de Cromatografia Líquida Acoplada a Espectrometria de Massa tem se mostrado muito eficiente para análise de agrotóxicos nas mais diversas matrizes, em função de sua alta seletividade, permite a separação dos diversos agrotóxicos e capacidade de detecção em níveis traços. Essas características colaboram para a obtenção de resultados satisfatórios para amostras de água.

Aranha *et al.* (2020) apontaram que o Brasil é o segundo maior comprador de agrotóxicos fabricados em solo europeu, mas proibidos para uso na União Europeia e Inglaterra. A prática já era conhecida, mas pela primeira vez se revelou a importância do Brasil neste mercado.

Segundo o Conab (2023), o volume da produção brasileira de grãos atingiu mais de 300 milhões de toneladas na safra 2023/2024. De acordo com o 2º Levantamento da Safra de Grãos, divulgado pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), com o avanço da semeadura no início de novembro, as atenções se voltam para a evolução das lavouras. De acordo com o boletim, a soja atingiu uma produção estimada em superior a 160 milhões de toneladas, com um crescimento de 2,8% na área a ser semeada, o que ainda consolida o Brasil como o maior produtor mundial da oleaginosa. Quanto ao milho, houve redução de 5% na área total a ser cultivada, calculada em 21,1 milhões de hectares, com produção prevista de 119,1 milhões de toneladas.

Nesse contexto geral, esse trabalho visa mapear e avaliar, com base nos

padrões de compostos orgânicos e suas quantificações, estabelecidos nas resoluções CONAMA 357/2005 e Portaria GM/MS 888/2021, a possível contaminação da água em bacias hidrográficas, e sua distribuição nos estados do Paraná, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Mapear a contaminação da água a partir da presença de resíduos de agrotóxicos e compostos orgânicos em águas superficiais nos estados do Paraná, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul.

2.2 ESPECÍFICOS

- Definir e delimitar a área de abrangência do estudo.
- Levantar dados entre os anos de 2021 e 2023 para resíduos de agrotóxicos em água, com base no banco de dados fornecido pelo Laboratório A3Q.
- Identificar resíduos de agrotóxicos em água na área de estudo.
- Comparar os parâmetros de resíduos agrotóxicos encontrados e as referidas legislações para a qualidade da água, CONAMA 357/2005 e a Portaria GM/MS 888/2021.
- Realizar a análise descritiva dos dados dentro do período.
- Distribuir espacialmente as coletas realizadas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais são de fundamental importância para a gestão sustentável dos recursos hídricos pois permitem conhecer a atual situação dos corpos d'água, possibilitando identificar as tendências e apoiar a elaboração de diagnósticos que podem subsidiar a fiscalização, o licenciamento ambiental e a formulação de políticas ambientais (Lordelo *et al.*, 2018).

Conforme destaca Jahin et al. (2022), a qualidade da água superficial é uma preocupação mundial devido ao seu papel importante em vários aspectos dos ecossistemas humanos e naturais. Os recursos superficiais sustentam milhões de pessoas por meio de água para agricultura, indústria e usos municipais. Portanto, garantir a qualidade da água, é essencial para o bem-estar humano e a saúde do ecossistema. Sendo assim, um grande desafio para países em desenvolvimento e desenvolvidos.

Dentre as medidas adotadas para fortalecer as práticas ambientais, a resolução CONAMA, importante resolução Brasileira, traz definições, classificações e LMR alvos para garantia da potabilidade. A resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005, define: Art. 2º parágrafo I - águas doces como águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 %; e posteriormente são classificadas de acordo com o Art. 4º: Classe especial, classes I, II, III, IV e V. Destaca-se nas Classes especial, I, II, III, IV que possuem em sua característica águas destinadas ao abastecimento para consumo humano. A classe II possui a característica no item “d” para utilização para irrigação de hortaliças, assim como a classe III no item “e” a aplicação de águas para aquicultura e atividade de pesca. A classe IV destaca no item “b” a sua utilização e aplicação na irrigação de culturas, assim como no item “e” a dessedentação de animais (Brasil, 2005).

Segundo a Resolução CONAMA 357/2005, a classificação das águas superficiais (rios, lagos, mares) quanto à salinidade é: águas doces (salinidade igual ou inferior a 0,5%); águas salobras (salinidade superior a 0,5 % e inferior a 30 %) e águas salinas (salinidade igual ou superior a 30 %). A água doce é dividida em 5 classes, em ordem decrescente quanto à qualidade. Os usos da água doce que

possuem relação com a qualidade estão demonstrados na figura 1 (Santa Catarina, 2022).

Figura 1 - Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade de água.
Fonte: Adaptado Boletim Qualiagua SC - Campanha 04/2022



Fonte: Santa Catarina (2022).

Segundo Kupske e Santos (2018), no que diz respeito a poluição da água e contaminação de alimentos por agroquímicos, para ressaltar a ampliação dessa dificuldade, as descobertas feitas através de Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey – USGS) mostram que os agroquímicos foram encontrados na maioria das vezes em rios, lagos e córregos.

Os agrotóxicos são vistos como uma tecnologia muito eficiente na agricultura por potencializarem a produção e manterem a integridade das plantações, além de reduzirem custos com mão de obra. A aplicação desses compostos não deve levar em conta somente o custo e o benefício (aumento da produtividade), mas também os problemas ambientais e de saúde que podem provocar (Cabrera *et al.*, 2017).

Conforme citado por Gaboardi, *et. al.* (2019), os agrotóxicos não afetam apenas as culturas em que são usados, mas também os trabalhadores que os utilizam diretamente e os consumidores dos alimentos. Os segmentos da população expostos aos agrotóxicos são compostos por pessoas que residem ou frequentam as proximidades das áreas contaminadas ou que têm contato direto no momento da produção, como os agricultores e suas famílias; além de consumidores de alimentos e de água das áreas urbanas.

Segundo Conab (2023), o volume da produção brasileira de grãos deverá atingir 316,7 milhões de toneladas na safra 2023/2024. De acordo com o 2º Levantamento da Safra de Grãos, divulgado pela Companhia Nacional de

Abastecimento (Conab), com o avanço da semeadura no início de novembro, as atenções se voltam para a evolução das lavouras. De acordo com o boletim, a soja deverá atingir uma produção estimada em 162,4 milhões de toneladas, com um crescimento de 2,8% na área a ser semeada, o que ainda consolida o Brasil como o maior produtor mundial da oleaginosa. Quanto ao milho, houve redução de 5% na área total a ser cultivada, calculada em 21,1 milhões de hectares, com produção prevista de 119,1 milhões de toneladas.

Conforme destaca Drunkler e Cosmann (2012), as produções agrícolas e pecuárias são fortes eixos da economia brasileira e, nesse contexto, a agricultura praticada em nosso país ainda tem uma forte dependência da utilização de agrotóxicos com a finalidade de controlar pragas e garantir maior produtividade em detrimento da saúde ambiental.

No Brasil, a Lei n.º 7.802 de 11 de julho de 1989, em seu artigo 2º, define agrotóxicos como: “Produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos para uso no cultivo, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, para alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação de seres vivos nocivos, bem como as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento” (Brasil, 1990).

Segundo o relatório de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - IDS (Ibge, 2015), o uso e comercialização de agrotóxicos tem importante relevância para o desenvolvimento sustentável: o aumento da produção de alimentos de maneira sustentável continua sendo o grande desafio do setor agrícola. Os agrotóxicos, produtos utilizados para o controle de pragas, doenças e ervas daninhas, estão entre os principais instrumentos do atual modelo da agricultura brasileira, centrado em ganhos de produtividade. Por outro lado, os agrotóxicos podem ser persistentes, móveis e tóxicos no solo, na água e no ar. Tendem a acumular-se no solo e na biota, e seus resíduos podem chegar às águas superficiais, por escoamento, e às subterrâneas, por lixiviação. A exposição humana e ambiental a esses produtos cresce em importância com o aumento das vendas. O uso intensivo dos agrotóxicos está associado a agravos à saúde da população, tanto dos consumidores dos alimentos quanto dos trabalhadores que lidam diretamente com os produtos, à contaminação de alimentos e à degradação do meio ambiente.

Por outro lado, os agrotóxicos podem ser persistentes, móveis e tóxicos no solo, na água e no ar. Tendem a acumular-se no solo e na biota, e seus resíduos podem chegar às águas superficiais, por escoamento, e às subterrâneas, por lixiviação. A exposição humana e ambiental a esses produtos cresce em importância com o aumento das vendas. O uso intensivo dos agrotóxicos está associado a agravos à saúde da população, tanto dos consumidores dos alimentos quanto dos trabalhadores que lidam diretamente com os produtos, à contaminação de alimentos e à degradação do meio ambiente (Veiga, 2021).

Aranha *et al.* (2020) apontaram que o Brasil é o segundo maior comprador de agrotóxicos fabricados em solo europeu, mas proibidos para uso na União Europeia e Inglaterra. A prática já era conhecida, mas pela primeira vez se revela a importância do Brasil neste mercado, foram 10 mil toneladas em 2018 e 12 mil em 2019.

No estado do Paraná, Sema (2006) descreve o monitoramento de águas, enfatizando a necessidade de especial atenção dado ao seu grande potencial de exploração já em andamento, destacando: i) áreas de vulnerabilidade à contaminação; ii) áreas de potencial risco à contaminação por atividades antrópicas; e, (iii) áreas de grau de utilização dos recursos hídricos por atividades antrópicas. A partir do mapeamento dessas áreas e de seu cruzamento foi possível identificar, em termos quantitativos e qualitativos, as regiões com maior potencial de impacto nas águas subterrâneas, apontando as áreas prioritárias para o seu monitoramento.

O relatório descrito pela Sema em 2006, além de definir áreas críticas para monitoramento, também alerta e sobre os potenciais contaminantes da qualidade de águas subterrâneas no estado, demonstrando a importância e relevância do assunto, ainda mais no estado do Paraná onde a produção agrícola é uma das principais atividades.

Entre os potenciais contaminantes de origem pontual têm-se, entre outros, as estações de tratamento de esgoto, os lixões e aterros, a atividade industrial e a mineração, os poços tubulares profundos com problemas construtivos e os postos de combustível. Já a contaminação de origem difusa é oriunda, por exemplo, das áreas urbanas e da presença de fertilizantes, pesticidas e herbicidas, em áreas agrícolas de uso intensivo. O mapeamento do Estado do Paraná possibilitou retratar,

de forma sistêmica, as áreas de maior ou menor potencial à contaminação e de grau de utilização dos recursos hídricos (Sema, 2006).

3.1 ESG E LEGISLAÇÕES

A sigla ESG surgiu apenas em 2005, no relatório “Who Cares Wins” – resultado de uma iniciativa liderada pela Organização das Nações Unidas (ONU) em que propunha diretrizes e recomendações sobre como contemplar questões ambientais, sociais e de governança na gestão de ativos.

Em 2001 durante encontro global na cidade Estocolmo na Suécia, foi assinado um pacto global que entrou em vigor em maio de 2004, em 2018 já contava com 183 países signatários, e visava banir e restringir o uso de substâncias químicas classificadas como Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) e é uma das mais inovadoras convenções por destacar a inserção do princípio da precaução, o fortalecimento das capacidades nacionais além de determinar responsabilidade compartilhada dos setores produtivos (Cetesb, 2022).

Har (2022) descreve que as questões ambientais, sociais e de governança (Environmental, Social and Governance [ESG]) estão permeando cada vez mais as decisões das empresas sobre quais práticas adotar e quais desempenho e retorno a serem esperados pela sociedade e pelos seus *stakeholders*. O conceito de ESG (em português, Ambiental, Social e Governança) é um conjunto bastante amplo de questões, desde a pegada de carbono até as práticas trabalhistas e de corrupção, que justificam a criação de critérios e práticas que direcionam o papel e a responsabilidade dos negócios em direção aos fatores ambientais, sociais e de governança corporativa.

Em 2015, a Assembleia Geral das Nações Unidas, por meio do relatório “Transformando o nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, lança os atuais 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A Agenda representa um esforço conjunto, de países, empresas, instituições e sociedade civil, com objetivos focados na erradicação da pobreza, no combate à desigualdade e à injustiça e na proteção do planeta, reafirmando uma visão do desenvolvimento como um processo contínuo, integrado e ético (Har, 2022).

Em 2001, durante encontro global na cidade Estocolmo na Suécia, foi assinado um pacto global que entrou em vigor em maio de 2004, em 2018 contava com 183 países signatários, e visava banir e restringir o uso de substâncias químicas classificadas como Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) e é uma das mais inovadoras convenções por destacar a inserção do princípio da precaução, o fortalecimento das capacidades nacionais além de determinar responsabilidade compartilhada dos setores produtivos, a Convenção é composta por trinta artigos e por três anexos, estabelecendo medidas para reduzir ou eliminar as emissões de produção e uso intencionais e não intencionais das substâncias químicas relacionadas nos Anexos A, B e C (Cetesb, 2022).

No Brasil, em 2005, entrou em vigor o decreto n.º 5.472, de 20 de junho, que ratifica o acordo assinado em Estocolmo, sendo o país um dos signatários a adotar as medidas estabelecidas, reconhecendo que os poluentes orgânicos persistentes têm propriedades tóxicas, são resistentes à degradação, se bioacumulam, são transportados pelo ar, pela água e pelas espécies migratórias através das fronteiras internacionais e depositados distantes do local de sua liberação, onde se acumulam em ecossistemas terrestres e aquáticos. Conscientiza, também, os problemas de saúde, especialmente nos países em desenvolvimento, resultantes da exposição local aos poluentes orgânicos persistentes, em especial, os efeitos nas mulheres e, por meio delas, nas futuras gerações, visando proteger a saúde humana e o meio ambiente dos impactos nocivos dos poluentes orgânicos persistentes (Brasil, 2005).

Em 2021 entrou em vigor a Portaria GM/MS n.º 888 de maio, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, na forma do Anexo XX, da portaria de Consolidação GM/MS n.º 5, de 28 de setembro de 2017. Tal portaria estabelece a legislação para 54 agrotóxicos em águas para consumo, aplicando para cada um deles um limite máximo de resíduos (LMR) específico. Além de LMR para 14 Substâncias químicas inorgânicas, 16 substâncias orgânicas e ainda 10 subprodutos de desinfecção (Brasil, 2021). Todos esses conceitos e leis criados buscam um bem comum, a preservação do meio ambiente e dos recursos disponíveis para a evolução e crescimento populacional ordenado e controlado, visando uma continuidade de futuro.

Como o consumo de agrotóxicos tem crescido no Brasil, monitorar esses compostos é uma necessidade urgente nas mais diversas matrizes ambientais. Atualmente, com o avanço das técnicas analíticas é possível quantificar esses compostos em níveis muito baixos, o que possibilita a obtenção de dados que colaboram para avaliar a segurança dos recursos hídricos e alimentos quanto a presença dessas substâncias. Assim, a técnica de Cromatografia Líquida Acoplada a Espectrometria de Massa associada a uma técnica de preparo de amostra como a Extração em fase sólida (EFS) tem se mostrado muito eficiente para análise de agrotóxicos nas mais diversas matrizes, em função de sua alta seletividade, permite a separação dos diversos agrotóxicos e capacidade de detecção em níveis traços. Essas características colaboram para a obtenção de resultados satisfatórios para amostras de água (Cabrera *et al.*, 2017).

3.2 TOXICIDADE E CLASSIFICAÇÃO DOS AGROTÓXICOS

Segundo Veiga (2006), há muito tempo já se utilizavam químicos no controle de pragas da agricultura, no intuito de aumentar a produtividade agrícola. No início, utilizava-se apenas um pequeno número de compostos inorgânicos, principalmente baseados em formulações envolvendo os elementos químicos cobre e arsênio. A partir da Segunda Guerra Mundial, visando aumentar a provisão de alimentos, houve a necessidade de se buscar produtos mais eficientes, onde começou a introdução dos primeiros produtos orgânicos com a finalidade de agir como agrotóxicos, destacando-se a ação inseticida do Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT).

Segundo o artigo 2º da lei n.º 7.802, de 11 de julho de 1989, agrotóxicos e afins: São os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos; substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, desseccantes, estimuladores e inibidores de crescimento (Brasil, 1989).

A utilização de dosagens de agrotóxicos acima das recomendadas, ou ainda proibidas, influenciam diretamente na desestruturação da biodiversidade e, conseqüentemente, na saúde da população que é afetada por essas substâncias químicas. Segundo ações de monitoramento de resíduos de agrotóxicos realizadas entre 2013 e 2015, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária, das 10.051 amostras de alimentos (cereais, frutas e verduras) analisadas, cerca de 19,7% apresentaram concentrações de agrotóxicos acima do limite máximo permitido, ou ainda resíduos de agrotóxicos não autorizados para determinadas culturas, ou as duas irregularidades ao mesmo tempo (Larentis, 2023).

Conforme o grau de toxicidade, os agrotóxicos são classificados em quatro categorias, sendo identificadas por meio de cores, a fim de garantir a interpretação direta de acordo com o grau de perigo à saúde humana, possibilitando ao consumidor maior praticidade na identificação do risco associado (Anvisa, 2018). Segundo a Anvisa, a classificação dos agrotóxicos é realizada com base no grau de toxicidade do produto sendo estabelecidas quatro classes: classe I - Extremamente Tóxico (rótulo vermelho); classe II - Altamente Tóxico (rótulo amarelo); classe III - Medianamente Tóxico (rótulo azul) e classe IV - Pouco Tóxico (rótulo verde), conforme mostrado na figura 2.

Figura 2 - Classes toxicológicas dos agrotóxicos com base na DL50

Classe Toxicológica	Classificação	Cor da faixa no rótulo da embalagem
I	Extremamente Tóxico: as formulações sólidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, igual ou inferior a 5 mg/kg	Vermelho vivo 
II	Altamente Tóxico: as formulações sólidas que apresenta DL 50 oral, para ratos, superior a 5 mg/kg e até 50mg/kg, inclusive.	Amarelo intenso 
III	Medianamente Tóxico: as formulações sólidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, superior a 50mg/kg e até 500mg/kg, inclusive.	Azul intenso 
IV	Pouco Tóxico: as formulações sólidas que apresentam DL 50 oral, para ratos, superior a 500mg/kg, inclusive.	Verde intenso 

Fonte: Adaptação Larentis (2023).

De acordo com a origem, os agrotóxicos podem ser classificados como químicos (sintetizados) e biopesticidas (naturalmente encontrados na natureza) (Abubakar *et al.*, 2020). A classificação dos agrotóxicos em função da estrutura

química é mais utilizada no meio científico e por analistas químicos, sendo divididos em quatro classes principais: organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretroides (Buchel,1983). Além das classificações acima citadas, segundo o Decreto n.º 4.074 (Brasil, 1989), os agrotóxicos devem ser divididos em classes, em função da sua utilização, seu modo de ação e potencial: A classe dos Inseticidas, compostos que causam a morte de insetos e artrópodes como exemplo temos o Aldicarbe; A classe dos fungicidas, causam a morte de fungos (incluindo bolores e ferrugem), exemplo de fungicida temos a Azoxistrobina; Bactericidas causam a morte e agem contra bactérias, como exemplo o Complexo de cobre; Herbicidas causam a morte de plantas daninhas, podendo ser citado como exemplo a Atrazina; Ainda tem-se por classificação os Acaricidas (Ação contra ácaros); Repelentes (Ação repelente através do seu sabor ou cheiro); Dessecantes (Ação secante de tecidos em plantas); Nematicidas (Ação direta contra nematódes, parasitas em plantas); E termiticida (Causa a morte de cupins) (Baird e Cann, 2011).

Cabe destacar, que os agrotóxicos podem ser classificados pelo modo de ação, como de contato ou sistêmicos. Os de contato atuam nas partes externas da planta, embora também possa ser absorvido pelas partes internas. Por outro lado, os sistêmicos, tem seu modo ação no interior das folhas e polpas (Anvisa, 2020).

Apesar de serem amplamente utilizados e produzirem resultados rápidos, o uso intensivo dos agrotóxicos está associado aos agravos à saúde da população, tanto dos consumidores dos alimentos, quanto dos trabalhadores que lidam diretamente com os produtos, à contaminação de alimentos e à degradação do meio ambiente. Atualmente, os agrotóxicos mais utilizados na agricultura são os organofosforados e carbamatos, que possuem uma atividade inseticida muito eficiente, devido a sua característica de inibidor da enzima acetilcolinesterase no sistema nervoso, que tanto atua em insetos quanto em mamíferos (Veiga, 2006).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 SELEÇÃO DOS DADOS

A pesquisa foi realizada por meio da análise de banco de dados de ensaios de resíduos de pesticidas nas matrizes de água e efluentes. Os dados foram fornecidos pelo laboratório A3Q de Cascavel – Paraná. Inicialmente, foram avaliadas as bases completas que continham dados distribuídos em amplo contexto em território nacional. Todos os dados foram de solicitações de clientes para monitoramento e acompanhamento de contaminações, referentes a Portaria 888/2021 e resolução CONAMA 357/2005, realizados por meio de ensaio de multiresíduos desenvolvida pelo laboratório A3Q, nas metodologias de cromatografia acoplada a espectrometria de massas (LC-MS e GC-MS), as quais foram validadas de acordo com o *Official Methods of Analysis of AOAC International* (2005) 18ª ed., *Official Method* 2007.01.

Foi avaliada a presença ou ausência dos resíduos de pesticidas nos resultados liberados, por meio do cadastro das análises das referidas portarias, nas análises de dados buscou-se não caracterizar os nomes ou algum dado sensível de clientes ou empresas, preservando a confidencialidade do dado e informações que os relacionam aos resultados.

Nessa fase inicial buscou-se delimitar dois bancos de dados, um referente a Portaria 888/21 e outro referente a resolução CONAMA 357/2005. Ambos os bancos de dados tiveram por critério de escolha comparativo, a classe de compostos relativos aos parâmetros orgânicos, por serem compostos comuns nas duas resoluções, visando assim incluir os compostos alvos desse estudo, compostos ou resíduos metabólicos de agrotóxicos que representam risco à saúde e ao meio ambiente.

Esses compostos orgânicos podem se caracterizar pela difícil degradação, hidrofobicidade, e bioacumulação. Apresentam alta estabilidade química, fotoquímica e taxa de biodegradação muito lenta. Nessa classe de compostos estão incluídos uma grande variedade de compostos orgânicos halogenados, agroquímicos (pesticidas), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, dioxinas e

furanos e os estrogênios ambientais. Muitos agroquímicos como o DDT, Metoxicloro, Toxafeno, Dieldrin, Bifenilas policloradas - PCBs e outros compostos químicos sintéticos estão incluídos nessa classe de compostos. Sendo assim, a evidência dos efeitos tóxicos destas substâncias é causa de grande preocupação e a legislação tem estabelecido restrições para presença desses compostos.

Na base de dados referente a resolução CONAMA 357/2005, foram delimitados a avaliação de 54 compostos, totalizando 10.094 ordens de serviços solicitadas, extraídas de 82 relatórios referentes a essa resolução. Esses 54 compostos são pertencentes a classe de compostos orgânicos da citada resolução. Sendo classificados inicialmente 1.864 como matriz água e 8.230 como matrizes efluentes. Segundo os cadastros não fica claro qual o critério utilizado para classificação, sendo essa, determinada pela solicitação inicial do próprio cliente. Apenas 98 ordens de serviço possuem a solicitação dos 54 compostos em conjunto, ou seja, a solicitação da portaria completa. Todas as demais possuem solicitações dos compostos de acordo com a necessidade do cliente, não sendo critério a solicitação integral dos 54 compostos. A base de dados inicial está distribuída em 11 estados da federação, que na sua maioria trata-se de empresas do ramo agroindustrial e totaliza 340 cidades com ordens de serviço solicitadas no período do estudo.

Demonstra-se nas tabelas 1, 2 e 3 a distribuição desses dados iniciais, sem tratamento, sendo a tabela 1 uma distribuição por estado da federação, a tabela 2 a distribuição por matriz e, por fim, a tabela 3, apresentando a distribuição por cidade.

Tabela 1 - Tabela quantitativa de solicitações CONAMA/357 por estado.

ESTADO	SOLICITAÇÕES	%
CE	5	0,05%
GO	41	0,41%
MG	2	0,02%
MS	1.396	13,83%
MT	87	0,86%
PR	4.260	42,20%
RN	5	0,05%
RO	11	0,11%
RS	85	0,84%
SC	4.145	41,06%

SP	57	0,56%
Total	10.094	100,00%

Fonte: Autor.

Tabela 2 – Tabela quantitativa de solicitações CONAMA/357 por matriz.

MATRIZ	QUANTIDADE	%
Água	1.864	18,47%
Efluente	8.230	81,53%
Total	10.094	100,00%

Fonte: Autor

Tabela 3 - Tabela quantitativa de solicitações CONAMA/357 por cidades (25 mais relevantes).

CIDADE	SOLICITAÇÕES	%
CHAPECÓ	3.773	37,38%
DOURADOS	845	8,37%
UMUARAMA	417	4,13%
LONDRINA	411	4,07%
CASCABEL	355	3,52%
TOLEDO	323	3,20%
CAMPO GRANDE	206	2,04%
FAXINAL DOS GUEDES	135	1,34%
SANTA HELENA	99	0,98%
FOZ DO IGUAÇU	99	0,98%
CAMPO MOURÃO	84	0,83%
GUARAPUAVA	80	0,79%
MARECHAL CANDIDO RONDON	68	0,67%
FRANCISCO BELTRÃO	67	0,66%
MEDIANEIRA	65	0,64%
PONTA GROSSA	61	0,60%
CIANORTE	56	0,55%
CURITIBA	52	0,52%
CRUZEIRO DO OESTE	52	0,52%
PALOTINA	51	0,51%
CAARAPÓ	46	0,46%
APUCARANA	46	0,46%
TRÊS LAGOAS	45	0,45%
TAPEJARA	41	0,41%
HERVAL D'OESTE	39	0,39%

Fonte: Autor

Já na base de dados referente a Portaria 888/2021, apresentadas nas tabelas 4, 5 e 6, foram delimitadas as avaliações de 40 compostos de parâmetros orgânicos,

de acordo com o estabelecido na própria portaria, sendo compostos ou resíduos metabólicos de agrotóxicos que representam risco à saúde. Essa base de dados totalizou 1.484 ordens de serviços solicitadas, extraídas de 47 relatórios que contemplam essa resolução. Tal portaria apresentou quantitativo menor por se tratar de uma resolução mais nova, a qual teve sua publicação somente no ano de 2021. Foram classificados 1.350 como matriz água, 119 como matriz efluentes e 15 como água mineral. Segundo os cadastros, não fica claro qual o critério utilizado para classificação, sendo essa, determinada pela solicitação inicial do cliente. A base está distribuída em 11 estados da federação de acordo com o perfil dos clientes do laboratório A3Q e totaliza 170 cidades com ordens de serviço solicitadas no período do referido estudo.

Tabela 4 - Tabela quantitativa de solicitações Portaria 888/21 por estado.

ESTADO	SOLICITAÇÕES	%
CE	6	0,40%
GO	37	2,49%
MG	2	0,13%
MS	182	12,26%
MT	79	5,32%
PR	777	52,36%
RN	5	0,34%
RO	7	0,47%
RS	34	2,29%
SC	313	21,09%
SP	42	2,83%
Total	1.484	100,00%

Fonte: Autor

Tabela 5 - Tabela quantitativa de solicitações Portaria 888/21 por matriz.

MATRIZ	QUANTIDADE	%
Água	1.350	90,97%
Águas Minerais/Envasadas	15	1,01%
Efluente	119	8,02%
Total	1.484	100,00%

Fonte: Autor

Tabela 6 - Tabela quantitativa de solicitações Portaria 888/21 por cidades (15 mais relevantes).

CIDADE	SOLICITAÇÕES	%
TOLEDO	196	13,21%
FAXINAL DOS GUEDES	135	9,10%

DOURADOS	73	4,92%
SANTA HELENA	48	3,23%
CASCAVEL	44	2,96%
SÃO LOURENÇO DO OESTE	33	2,22%
CHAPECÓ	32	2,16%
PONTA GROSSA	27	1,82%
MEDIANEIRA	27	1,82%
JOSE BONIFACIO	27	1,82%
LUCAS DO RIO VERDE	26	1,75%
VIDEIRA	25	1,68%
SORRISO	25	1,68%
TRES LAGOAS	22	1,48%
LONDRINA	21	1,42%

Fonte: Autor

4.1.1 DELIMITAÇÃO GEOGRÁFICA E DE MATRIZES

Após avaliação inicial das bases de dados, e observações exploratórias, optou-se por limitar geograficamente as bases, a fim de obter uma melhor espacialização dos dados e maior entendimento de possíveis correlações e resultados de ensaios encontrados. Sendo assim, foi determinado pelos pesquisadores como critério de averiguação a quantidade de ocorrências por estado da federação, sendo delimitado pelo percentual de ocorrência de ordem de serviços nos estados. Foram mantidos no estudo os três estados com maior percentual de ocorrência, permanecendo dessa forma os estados do Paraná, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul.

Na Portaria 888/21, apresentaram respectivamente, 777 (52,3%), 314 (21,1%) e 182 (12,3%) solicitações, sendo exemplificados e espacializados na Figura 3 - mapa 1. Para resolução CONAMA/357 também foram mantidos os estados com maior percentual de ocorrências de coletas, foram realizadas 4.260 (42,20%), 4.145 (41,06%) e 1.396 (13,83%) solicitações de coletas respectivamente, espacializadas na Figura 4 - mapa 2.

Sendo assim, foram mantidos no estudo os estados com maior quantidade de ocorrências nas duas bases de dados iniciais do estudo. Como ferramenta de espacialização foi utilizado o software QGIS, versão gratuita 3.34.2, disponível em: www.qgis.org.

Figura 3 - Mapa 1 - Espacialização da quantidade de coletas Portaria GM/MS 888/21 por estado.



Fonte: Autor

Figura 4 - Mapa 2 - Espacialização da quantidade de coletas Resolução CONAMA 357/2005 por estado.



Categorizou-se ainda as matrizes descritas na base de dados da Portaria 888/21, mantendo assim a classificação como água e efluente. As 15 ocorrências cadastradas como águas minerais foram reclassificadas e incluídas como matriz água.

Tal portaria estabelece a legislação para 54 agrotóxicos em águas para consumo, aplicando para cada um deles um limite máximo de resíduos (LMR) específico. Além de LMR para 14 Substâncias químicas inorgânicas, 16 substâncias orgânicas e ainda 10 subprodutos de desinfecção (Brasil, 2021).

Na base de dados relativa a Portaria GM/MS 888/21 temos os dados abaixo detalhados, seguindo a mesma ordenação anteriormente explicada nos materiais e métodos mantendo-se os estados do Paraná, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul, com maior número de ocorrências de coletas:

Tabela 7 - Tabela quantitativa de solicitações. Portaria 888/21 por estado, pós tratamento.

ESTADO	SOLICITAÇÕES	%
PR	777	61,04%
SC	314	24,67%

MS	182	14,30%
Total	1.273	100,00%

Fonte: Autor.

Tal predominância territorial no estudo, deve-se a área de atuação do laboratório A3q, assim como a concentração regional de agroindústrias. Com relação as matrizes cadastradas no sistema laboratorial (SIL), verifica-se 85 amostras denominadas como “efluente”, não sendo amostras preferenciais para aplicação da Portaria 888/202, pois a portaria tem aplicação específica para água de consumo humano, cadastro e classificação abaixo detalhados.

Tabela 8 - Tabela quantitativa de solicitações. Portaria 888/21 por matriz, pós tratamento.

MATRIZ	QUANTIDADE	%
Água	1.188	93,32%
Efluente	85	6,68%
Total	1.273	100,00%

Fonte: Autor.

Tabela 9 - Tabela quantitativa de solicitações. Portaria 888/21 por cidades (15 mais relevantes), pós tratamento.

CIDADE	SOLICITAÇÕES	%
TOLEDO	196	15,40%
FAXINAL DOS GUEDES	135	10,60%
DOURADOS	73	5,73%
SANTA HELENA	48	3,77%
CASCAVEL	44	3,46%
SÃO LOURENÇO DO OESTE	33	2,59%
CHAPECÓ	32	2,51%
MEDIANEIRA	27	2,12%
PONTA GROSSA	27	2,12%
VIDEIRA	25	1,96%
TRES LAGOAS	22	1,73%
LONDRINA	21	1,65%
UBIRATÃ	19	1,49%
PARANAÍ	18	1,41%
MAUA DA SERRA	16	1,26%

Fonte: Autor.

Após reclassificação, denominado a seguir como “pós-tratamento” e categorização conforme descrito acima, obteve-se o seguinte cenário para as bases CONAMA/357:

Tabela 10 - Tabela quantitativa de solicitações. CONAMA/357 por estado, pós tratamento.

ESTADO	SOLICITAÇÕES	%
PR	4.260	43,46%
SC	4.145	42,29%
MS	1.396	14,24%
Total	9.801	100,00%

Fonte: Autor.

Tabela 11 - Tabela quantitativa de solicitações. CONAMA/357 por matriz, pós tratamento.

MATRIZ	QUANTIDADE	%
Água	1.633	16,66%
Efluente	8.168	83,34%
Total	9.801	100,00%

Fonte: Autor.

Tabela 12 - Tabela quantitativa de solicitações. CONAMA/357 por cidades (25 mais relevantes), pós tratamento.

CIDADE	SOLICITAÇÕES	%
CHAPECÓ	3.773	38,50%
DOURADOS	845	8,62%
UMUARAMA	417	4,25%
LONDRINA	411	4,19%
CASCAVEL	355	3,62%
TOLEDO	323	3,30%
CAMPO GRANDE	206	2,10%
FAXINAL DOS GUEDES	135	1,38%
SANTA HELENA	99	1,01%
FOZ DO IGUAÇU	99	1,01%
CAMPO MOURÃO	84	0,86%
GUARAPUAVA	80	0,82%
MARECHAL CANDIDO RONDON	68	0,69%
FRANCISCO BELTRÃO	67	0,68%
MEDIANEIRA	65	0,66%
PONTA GROSSA	61	0,62%
CIANORTE	56	0,57%
CURITIBA	52	0,53%
CRUZEIRO DO OESTE	52	0,53%
PALOTINA	51	0,52%
CAARAPÓ	46	0,47%
APUCARANA	46	0,47%
TRÊS LAGOAS	45	0,46%
TAPEJARA	41	0,42%
HERVAL D'OESTE	39	0,40%

Fonte: Autor.

Após tratamento inicial dos dados e definições da área pesquisada, foi realizada a espacialização dos dados no *software* Qgis, a fim de formatar mapas para uma melhor visualização das regiões afetadas. A espacialização foi realizada para as duas portarias e estarão descritas a seguir no eixo de discussão e resultados.

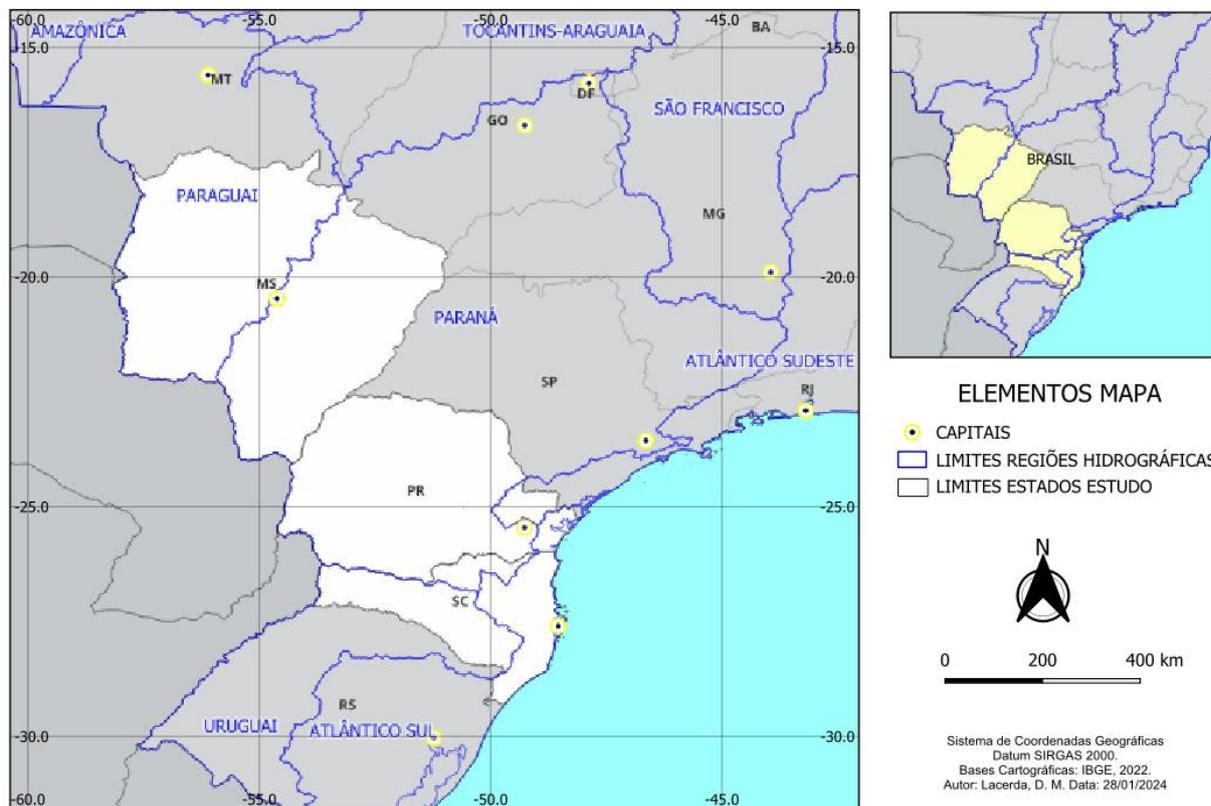
Em sequência ao tratamento dos dados, houve uma redução de 10.894 solicitações para 9.801 e de 1.484 para 1.273, da RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005 e da Portaria GM/MS 888/2021 respectivamente, representando uma redução percentual de 10,03% e 14,21%.

4.2 HIDROGRAFIA REGIONAL

Após a espacialização inicial dos dados com entendimento do quantitativo de coletas realizadas por estado, em cada portaria, optou-se por verificar quais as principais bacias hidrográficas e principais rios compreendidos nas regiões de estudo. Os rios apresentados foram selecionados a partir do quantitativo de vazão média em m³/s, sendo mantido apenas os rios com maiores vazões. Fica claro que mais rios, microbacias e mesobacias podem ser afetados, visto que o trabalho se concentrou em demonstrar as macrobacias e principais rios. As informações foram coletadas junto ao site da Agência Nacional de Águas e Saneamento - ANA (www.ana.com.gov.br), por meio do portal do Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos - SNIRH, também foram coletados e explorados os dados contidos no portal de metadados, denominado: Disponibilidade Hídrica Superficial. Após os dados coletados, foram espacializados no *software* Qgis e comparados com as regiões de estudo. As informações aqui descritas estão representadas por meio de mapas nas figuras 5 e 6.

Figura 5 - Mapa 3 - Regiões Hidrográficas (Macrobasias) X Estados do estudo.

REGIÕES HIDROGRÁFICAS X ESTADOS DO ESTUDO



Fonte: Autor.

Verifica-se na Figura 5 - Mapa 3, que a área de estudo, estados selecionados, estão concentrados e compreendidos em 5 importantes regiões hidrográficas, sendo elas: Paraguai, Paraná, Uruguai, Atlântico Sul e Atlântico Sudeste.

Figura 6 - Mapa 4 - Regiões Hidrográficas e principais rios nos estados em estudo
 REGIÕES HIDROGRÁFICAS E PRINCIPAIS RIOS NOS ESTADOS DE ESTUDO



Fonte: Autor.

Na figura 6, verifica-se as regiões hidrográficas em relação aos estados do estudo e os principais rios contidos nessas regiões. Foram selecionados os rios que possuíam vazão superior a $100 m^3/s$.

Destacam-se no estado do Mato Grosso do Sul as bacias hidrográficas do Paraguai e Paraná, onde encontram-se os seguintes rios respectivamente: Bacia Paraguai (Rio Paraguai, Rio Taquari e Rio Miranda), e na bacia hidrográfica Paraná (Rio Sucuri, Rio Verde, Rio Paraná, Rio Pardo, Rio Ivinheima).

No estado do Paraná os principais rios concentram-se na bacia hidrográfica Paraná, sendo eles: Rio Paranapanema, Rio das Cinzas, Rio Tibagi, Rio Paraná, Rio Ivaí, Rio Piquiri, Rio Iguaçu e Rio Chopim.

Já o estado de Santa Catarina encontra-se nas bacias hidrográficas Uruguai, Paraná e Atlântico Sul, destacando-se como principais rios: Rio Iguaçu, Rio Itajaú, Rio Pelotas, Rio Canoas, Rio Uruguai e Rio Chapecó.

4.3 CRITÉRIOS TEMPORAIS

O período escolhido e limitado compreende as ordens de serviço cadastradas entre 01 de janeiro de 2021 a 31 de agosto de 2023. Tal período se mostra relevante por compreender um período onde ocorreu a publicação da Portaria GM/MS n.º 888, de 4 de maio de 2021, que altera o anexo XX da Portaria de consolidação GM/MS n.º 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, na forma do Anexo XX da portaria de Consolidação GM/MS n.º 5, de 28 de setembro de 2017. Essa portaria entrou em vigor na data de sua publicação em 4 de maio de 2021.

Trata-se de período importante pela quantidade de dados envolvidos e espacialidade dos mesmos, tornando-se relevante frente ao cenário atual, de aumento no consumo de produtos químicos utilizados na agricultura com a finalidade de melhorar e aumentar a produtividade.

4.4 IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS

Foi utilizada a metodologia de ensaio de multirresíduos desenvolvida pelo laboratório A3Q, metodologia validada e acreditada junto ao órgão regulador, Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), por meio da certificação ISO/IEC 17025:2017, que consiste na norma reguladora de Requisitos Gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

As limitações na determinação de resíduos de pesticidas foram minimizadas após o desenvolvimento de métodos multirresíduos, os quais apresentam a vantagem de detecção e análise de um grande número de compostos e com altos percentuais de recuperação. Possui ainda boa precisão, rapidez e segurança, pois utilizam pequenos volumes de solventes (Prestes; Adaime; Zanella, 2011)

Os ensaios processados têm por base a utilização das metodologias de

Cromatografia Acoplada a Espectrometria de Massas (LC-MS e GC-MS), e foram validadas de acordo com o *Official Methods of Analysis of AOAC International* (2005) 18ª ed. *Official Method* 2007.01.

Segundo Chiaradia *et al.* (2008), a cromatografia pode ser combinada a diferentes sistemas de detecção, tratando-se de uma das técnicas analíticas mais utilizadas e de melhor desempenho. O acoplamento de um cromatógrafo com o espectrômetro de massas combina as vantagens da cromatografia (alta seletividade e eficiência de separação) com as vantagens da espectrometria de massas (obtenção de informação estrutural, massa molar e aumento adicional da seletividade).

4.5 LEVANTAMENTO E LISTAGEM DOS COMPOSTOS PRESENTES EM CADA BANCO DE DADOS

A partir dos bancos de dados delimitados e organizados, sendo um referente a Portaria 888/21 e outro referente a resolução CONAMA 357/2005, montados e adequados pode-se verificar os quantitativos de amostras com resultados presentes de cada composto. Ambos bancos de dados tiveram por critério de escolha para captação dos compostos e seus respectivos resultados, a classe de compostos relativos aos parâmetros orgânicos, no qual buscou-se incluir os compostos alvos desse estudo, compostos ou resíduos metabólicos de agrotóxicos que representam risco à saúde, totalizado e demonstrado na tabela 13, sendo o número de ocorrências por composto em cada um dos bancos de dados.

Tabela 13 - Tabela quantitativa de amostras por matriz nas bases de dados.

PORTARIA 888/2021				RESOLUÇÃO CONAMA 357			
	AGUA	EFLUENTE	TOTAL		AGUA	EFLUENTE	TOTAL
2,4 D	552	42	594	Acrilamida	1157	65	1222
Alacloro	851	48	899	Alacloro	1154	67	1221
Aldicarbe + Aldicarbesulfona + Aldicarbesulfóxido	839	2	841	Aldrin+ Deldrin	1161	66	1227
Aldrin + Dieldrin	857	48	905	Atrazina	1507	6358	7865
Ametrina	839	2	841	Benzeno	1579	8167	9746
Atrazina + S-Clorotriazinas	946	0	946	Benzidina	0	65	65
Carbendazim	839	2	841	Benzo (a) antraceno	7	68	75
Carbofurano	841	2	843	Benzo (a) pireno	1169	69	1238

Ciproconazol	839	2	841	Benzo(b) fluoranteno	7	68	75
Clordano	577	2	579	Benzo(k) fluoranteno	0	67	67
Clorotalonil	841	2	843	Carbaril	0	65	65
Clorpirifós + clorpirifós-oxon	839	2	841	Clordano (cis + trans)	898	0	898
DDT+DDD+DDE	1188	85	1273	2-Clorofenol	7	68	75
Difenoconazol	839	2	841	Criseno	7	68	75
Dimetoato + ometoato	839	2	841	2,4 D	985	67	1052
Diuron	839	2	841	Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0	65	65
Epoconazol	946	0	946	Dibenzo (a,h) antraceno	7	68	75
Fipronil	839	2	841	1,2-Dicloroetano	1154	66	1220
Flutriafol	839	2	841	1,1-Dicloroetano	177	74	251
Glifosato + AMPA	841	2	843	2,4-Diclorofenol	705	68	773
Hidroxi-Atrazina	839	2	841	Diclorometano	1157	65	1222
Lindano (gama HCH)	695	8	703	DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	1159	66	1225
Malation	841	44	885	Dodecacloro pentaciclodecano	0	65	65
Mancozebe + ETU	839	2	841	Endossulfan	170	65	235
Metamidofós + Acefato	839	2	841	Endrin	177	66	243
Metolacoloro	851	48	899	Estireno	198	202	400
Metribuzina	839	2	841	Etilbenzeno	1605	8168	9773
Molinato	851	6	857	Fenóis Totais	0	65	65
Paraquate	839	2	841	Glifosato	1155	65	1220
Picloram	839	2	841	Gution	0	65	65
Profenofós	839	2	841	Heptacloro	0	65	65
Propargito	839	2	841	Hexaclorobenzeno	7	66	73
Protioconazol + ProticonazolDestio	839	2	841	Indeno (1,2,3-cd) pireno	7	68	75
Simazina	851	48	899	Lindano	1154	67	1221
Tebuconazol	839	2	841	Malation	984	65	1049
Terbufós	1164	2	1166	Metolacoloro	1154	67	1221
Tiametoxam	839	2	841	Metoxicloro	0	65	65
Tiodicarbe	839	2	841	Paration	0	65	65
Tiram	853	48	901	PCBs - Bifenilas policloradas	7	64	71
Trifluralina	1180	71	1251	Pentaclorofenol	1164	68	1232
				Simazina	1154	67	1221
				SURFACTANTES	286	2179	2465
				2,4,5-T	170	67	237
				Tetracloroeto de carbono	1191	198	1389
				Tetracloroetano	1164	66	1230
				Tolueno	1633	8168	9801
				Toxafeno	0	65	65
				2,4,5-TP	0	65	65
				Tributilestanho	0	65	65
				Triclorobenzeno (1,2,3- TCB + 1,2,4-TCB)	170	65	235

Tricloroeteno	1164	164	1328
2, 4, 6 - Triclorofenol	873	68	941
Trifluralina	1154	67	1221
Xileno	1604	8168	9772

Fonte: Autor.

Tabela 14 - Tabela quantitativa de resultados por matriz nas bases de dados.

PORTARIA 888/2021		RESOLUÇÃO CONAMA 357	
ÁGUA	EFLUENTE	ÁGUA	EFLUENTE
51.538	849	58.126	74.598
52.387		132.724	

Fonte: Autor.

4.6 - CATEGORIZAÇÃO DOS COMPOSTOS E MATRIZES DE ACORDO COM AS NORMATIVAS

Segunda as normativas escolhidas para o estudo, os compostos avaliados devem ser observados para garantir condições e padrões de qualidade para águas.

A resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Dessa forma, define que água doce são águas com salinidade igual ou inferior a 0,5%. Define ainda que classe de qualidade são conjuntos de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros. Na seção I, artigo 4º, subitem II, define-se o uso das águas aqui classificadas: Classe 1: Águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primária, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução n.º 274 de 2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e e) à proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.

Os padrões de qualidade das águas determinados nesta resolução estabelecem ainda limites individuais para cada substância em cada classe. Estabelece e determina o monitoramento periódico dos parâmetros. A análise e avaliação dos valores dos parâmetros de qualidade de água de que trata esta resolução serão realizadas pelo poder público, podendo ser utilizado laboratório

próprio, conveniado ou contratado, que deverá adotar os procedimentos de controle de qualidade analítica necessários ao atendimento das condições exigíveis.

Em relação aos efluentes define-se que, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento, desde que obedeçam às condições dispostas na normativa. Vedado ainda, nos efluentes, o lançamento de poluentes orgânicos persistentes - POP'S, mencionados na convenção de Estocolmo, assim como o efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar os efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor.

A segunda legislação abordada trata-se da Portaria 888/2021, de 4 de maio de 2021, e traz importantes definições e procedimentos visando o controle do padrão de potabilidade e a vigilância da qualidade de água para consumo humano. Essa portaria foi editada diretamente pelo ministério da saúde, visando aumentar a segurança quanto ao consumo da água.

A legislação define água para consumo humano como sendo: água potável destinada à ingestão, preparação de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem; Água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido na portaria, e que não ofereça riscos à saúde; Além de definir padrão de potabilidade como um conjunto de valores permitidos para os parâmetros da qualidade da água para consumo humano. A Portaria 888/21 não define e não trata de padrões para efluentes.

4.7 QUANTIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE CADA COMPOSTO EM AMBAS AS PORTARIAS

Os valores avaliados estão em acordo com as normativas aqui estabelecidas como parâmetros de comparação analítica. Ambas as bases de dados criadas tiveram por valor de corte, ou valores de detecção, os valores estabelecidos nas metodologias de detecção pelo laboratório A3Q em suas validações. Foram denominadas como LQ, ou Limites de Quantificação.

O limite de quantificação (LQ) é a menor concentração do analito que pode ser quantificada no experimento, determinada com precisão e exatidão que obedeçam às condições experimentais estabelecidas. Assim, quanto menor o LQ,

melhor o resultado do experimento (Silva, 2023). O Limite de quantificação das metodologias utilizadas deve ser menor ou igual ao valor máximo permitido para cada parâmetro analisado (Brasil, 2021).

O valor máximo permitido (VMP) trata-se do valor aceitável pelas legislações, ou seja, quantidade do composto aceitável que pode ser encontrado e quantificado na amostra. O VMP para cada substância é, geralmente, estabelecido a partir de evidências toxicológicas ou epidemiológicas, que permitam estimar um Nível de Efeito Adverso Não Observado (*No Observable Adverse Effect Level* – NOAEL) (Fernandes Neto, 2010).

Os valores considerados de LQ e de VMP por composto foram comparados e detalhados dentro de cada base de dados com a sua respectiva portaria ou normativa comparativa, sendo expostos nas tabelas 15 e 16.

Ressalta-se que a pesquisa foi realizada por meio da análise de banco de dados de ensaios de resíduos de pesticidas nas matrizes de água e efluentes. Os ensaios foram realizados por meio de ensaio de multirresíduos, desenvolvido pelo A3Q, nas metodologias de cromatografia acoplada a espectrometria de massas (LC-MS e GC-MS), as quais foram validadas de acordo com o *Official Methods of Analysis of AOAC International* (2005) 18^a ed., *Official Method* 2007.01.

As técnicas analíticas aplicadas na determinação de resíduos, devem garantir alta sensibilidade e robustez nas análises por instrumentação e não menos importante os métodos de preparo de amostras adequados para cada matriz, a fim de garantir a confiabilidade nos resultados obtidos (Inmetro, 2018).

Tabela 15 - Tabela Expositiva de Parâmetros; Unidades de Medida; VMP; LQ. Resolução CONAMA 357.

Aldrin+ Deldrin	Atrazina	Benzeno	Benzidina	Benzo(a) Antraceno	Benzo(a) Pireno	Benzo(b) Fluoranteno	Benzo(k) Fluoranteno	Carbaril	Clordano (cis+trans)	2-Clorofenol	Criseno	2,4 D	(c
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
0,005	2,0	5,0	0,001	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,04	0,10	0,05	4	
0,002	0,05	1,00	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,05	0,01	0,05	
Diclorometano	ddt (p,p'-ddt + p,p'-dde + p,p'-ddd)	Dodecacloro pentaclorodecano	Endossulfan	Endrin	Estireno	Etilbenzeno	Fenóis Totais	Glifosato	Gution	Heptacloro	Hexacloro-benzeno	Indeno (1,2,3-cd) pireno	T
mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
0,02	0,002	0,001	0,056	0,004	0,02	90	0,003	65	0,005	0,01	0,0065	0,05	
0,001	0,001	0,001	0,05	0,003	0,005	0,863	0,05	30	0,003	0,003	0,003	0,01	
Pcbs - bifenilas policloradas	Pentaclorofenol	Aimazina	Surfactantes	2,4,5-T	Tetracloroto de carbono	Tetracloroeteno	Tolueno	Toxafeno	2,4,5-TP	Tributil-estanho	Triclorobenzeno (1,2,3-tcb + 1,2,4-tcb)	Tricloroeteno	T

µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l
0,001	3,0	2,0	0,5	2,0	1,6	1,0	2,0	0,01	2,0	0,063	0,02	0,03
0,001	0,05	0,05	0,2	0,05	1,0	0,830	0,871	0,01	0,05	0,05	0,001	0,001

Fonte: Autor.

Tabela 16 - Tabela Expositiva de Parâmetros; Unidades de Medida; VMP; LQ. PORTARIA GM/MS 888/21.

Aldicarbe + Aldicarbessulfona+ Aldicarbessulfóxido	Aldrin + Dieldrin	Ametrina	Atrazina +S-Clorotriazinas (Deetil-Atrazina -Dea, Deisopropil-Atrazina - Dia e Diaminoclorotriazina -Dact)	Carbendazim	Carbofurano	Ciproconazol	Clordano	Clorotalonil	Clorpirifós+ clorpirifós-oxon	DDT+ DDD+ DDE	Difenoconazol	Dimetoato+ ometoato
µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
10	0,03	60	2	120	7	30	0,2	45	30	1	30	1,2
0,5	0,052	0,5	0,5	0,5	0,105	0,5	0,011	0,051	0,105	0,011	0,5	0,5
Hidroxi-Atrazina	Lindano (gama HCH)	Malation	Mancozebe + ETU	Metamidofó+ Acefato	Metolacoloro	Metribuzina	Molinato	Paraquate	Picloram	Profenofós	Propargito	Protioconazo+ ProticonazolDe stio
µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
120	2	60	8	7	10	25	6	13	60	0,3	30	3
0,5	0,01	0,05	5,0	0,5	0,05	0,5	0,104	5,0	0,5	0,1	0,5	0,5
Tiram	Trifluralina											
µg/L	µg/L											
6	20											
5,0	0,051											

Fonte: Autor.

4.8 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS POR COMPOSTO

Para uma análise preliminar dos dados fez-se necessário determinar algumas medidas estatísticas básicas, a fim de determinar a posição amostral dos compostos das bases estudadas tais como: média, mediana e moda.

Segundo Morettin (2010), a média aritmética (Equação 1), é o quociente entre a soma de todos os valores observados e o número total de observações (n). Considerando um conjunto n de observações. A média aritmética é a soma das observações dividida pelo número delas. Assim, a média aritmética de um grupo numeral 3, 4, 7, 8 e 8 é $(3 + 4 + 7 + 8 + 8)/5 = 6$.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Equação 1

A moda é definida como a realização mais frequente do conjunto de valores observados. Em alguns casos, pode haver mais de uma moda, ou seja, a distribuição dos valores pode ser bimodal, trimodal, etc. A mediana é a realização que ocupa a posição central da série de observações, quando estão ordenadas em ordem crescente. Assim, se as cinco observações de uma variável forem 3, 4, 7, 8 e 8, a mediana é o valor 7, correspondendo à terceira observação. Quando o número de observações for par, usa-se como mediana a média aritmética das duas observações centrais (Morettin, 2010).

Será utilizado, também, medidas de dispersão amostral tais como: Amplitude (valor mínimo e valor máximo), desvio padrão, variância e coeficiente de variação. Bisquerra (2004) define amplitude como a distância entre dois valores extremos de uma distribuição, onde o valor mais alto é chamado de máximo e o valor mais baixo chamado de mínimo, sendo definidos por: $R = (X_{\max} - X_{\min}) + 1$. Define, também, que variância é a média aritmética dos quadrados dos desvios de cada valor com referência à sua média, no caso desse estudo a variância será descritiva, visto não ter por objetivo tirar conclusões para além dos dados disponíveis. Ainda, é possível inferir partir dos bancos de dados analisados, a variância combinada dos multianálitos expostos nas bases. O desvio-padrão (S) (Equação 2) é a raiz quadrada da variância.

$$Sx = \sqrt{S^2}$$

Equação 2

Já o coeficiente de variação (CV) (Equação 3) expressa em que proporção da média é o desvio-padrão, sendo o CV expresso em porcentagens (%).

$$CV(\%) = \frac{Sx}{\bar{x}}$$

Equação 3

A partir dos dados acima detalhados, para cada analito do banco de dados é possível definir a distribuição dos resultados em cada analito, caracterizando a assimetria dos dados e a curtose, sendo esse último, conforme define Bisquerria (2004), o grau de achatamento da parte central de uma distribuição.

Conforme descreve David (2016), podemos classificar os bancos de dados utilizados nesse estudo como sendo um banco de variáveis quantitativa e de característica contínua. Define-se variável quantitativa sendo uma variável susceptível às medidas, apresentando-se com diferentes intensidades, que podem ser de natureza discreta (descontínua) ou contínua. A variável quantitativa contínua é uma variável que assume valores em uma escala contínua, resultantes de mensurações. Exemplo: volume de uma árvore; peso de um corpo; altura de um objeto. Nesses exemplos, é perfeitamente possível ter-se uma árvore de 0,35454 m³, ou um corpo com 23,4545 kg ou um objeto com 12,2 cm de altura.

4.9 ANÁLISE MULTIVARIADA

Técnicas analíticas multivariadas estão sendo largamente aplicadas hoje na indústria, no governo e nos centros de pesquisas das universidades. É somente por meio de técnicas multivariadas que as múltiplas relações podem ser adequadamente examinadas para se obter um entendimento completo e realista da tomada de decisão (Viali, 2014).

De acordo com Alves (2007), a demanda crescente de informações implica em um melhor conhecimento de técnicas para a organização e interpretação de dados, assim como para a interpretação dos resultados que podem ser gerados em cada tipo de aplicação. Nesse contexto, a análise multivariada dispõe de uma diversidade de técnicas que favorecem o entendimento de muitos fenômenos. A denominação “Análise Multivariada” corresponde a um conjunto de métodos e técnicas que analisam simultaneamente todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados. O primeiro passo para a utilização da análise multivariada é saber o que se pretende afirmar a respeito dos dados. A técnica e o método

estatístico ideal para a aplicação devem ser escolhidos de acordo com o objetivo da pesquisa. Há diversas técnicas para a análise multivariada e cada uma delas se aplica a um objetivo de pesquisa específico. Quanto à organização ou divisão das técnicas, alguns autores apresentam uma estrutura particular em seus trabalhos.

Para Hair *et al.* (2005), tais técnicas são estabelecidas em dois grupos: a) Técnicas de Dependência Regressão Múltipla e Correlação Múltipla, Análise Conjunta, Análise Discriminante Múltipla, Modelos Lineares de Probabilidade (*Logit e Probit*), Análise de Correlação Canônica, Análise Multivariada de Variância (MANOVA), Análise Multivariada de Covariância (MANCOVA), e Modelagem de Equações Estruturais; b) Técnicas de Interdependência Análise Fatorial, Análise de Agrupamentos, Escalonamento Multidimensional e Análise de Correspondência.

Segundo Viali (2014), a análise multivariada de forma geral refere-se a todos os métodos estatísticos que analisam simultaneamente múltiplas medidas em cada indivíduo ou objeto sob investigação. Qualquer análise simultânea de mais de duas variáveis pode ser, de certo modo, considerada como análise multivariada. Muitas técnicas multivariadas são simplesmente extensões de análises uni variadas (análise da distribuição de uma única variável) e análise bivariada (classificação cruzada, correlação, análise de variância e regressão simples). Dessa forma, a característica multivariada repousa nas múltiplas combinações de variáveis e não somente sobre o número de variáveis ou observações.

Os dados aparecem na forma de uma matriz, usualmente com as colunas indicando as variáveis e as linhas os indivíduos (ou elementos). A notação de uma matriz pode ser realizada com p variáveis X_1, X_2, \dots, X_p e n indivíduos, totalizando np dados. O principal objetivo das análises nessa situação é explorar relações (similaridades) entre as colunas, ou algumas vezes entre as linhas. Um dos principais objetivos de se construir uma distribuição conjunta de duas variáveis qualitativas é descrever a associação entre elas, isto é, queremos conhecer o grau de dependência entre elas, de modo que possamos prever melhor o resultado de uma delas quando conhecermos a realização da outra (Morettin, 2010).

Figura 7 - Tabela demonstrativa Análise Multivariada.

Indivíduo	Variável					
	X_1	X_2	...	X_j	...	X_p
1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1j}	...	x_{1p}
2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2j}	...	x_{2p}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	x_{ip}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{nj}	...	x_{np}

Fonte: Adaptado de Morettin (2010).

4.9.1 ESCOLHA DE TÉCNICAS MULTIVARIADAS

As medidas de associação indicam o sentido da relação e/ou grau de correlação entre duas ou mais variáveis. A relação pode ser positiva, quando as variáveis são diretamente proporcionais, isto é, se o valor de uma aumenta, o valor da outra também aumenta. Ou ainda, pode ser negativa, quando são inversamente proporcionais, isto é, se o valor de uma aumenta, o da outra diminui (David, 2016).

De acordo com Mingoti (2005), a análise de agrupamentos também é conhecida como análise de conglomerados ou análise de classificação ou *cluster analysis*. Seu objetivo é agrupar os elementos da amostra ou população em grupos. Segundo Hair *et al.* (2005), o objetivo principal da análise de agrupamentos é situar as observações homogêneas em grupos, a fim de definir uma estrutura para os dados.

A covariância é outra análise que pode ser realizada, conforme David (2016) detalha, a covariância é uma estimativa que corresponde à variância “compartilhada” entre duas variáveis. Muitas vezes sua interpretação pode ser subjetiva, pois ela é uma medida influenciada pela escala da variável. Dessa maneira, é mais adequado que se compare a covariância entre variáveis iguais. Seu valor pode ser positivo, quando a associação é positiva entre as duas variáveis, ou negativo, em caso contrário. O estimador covariância (s_{yx}) pode ser obtido por (Equação 4):

$$\text{Cov}(x, y) = s_{yx} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n - 1}$$

Equação 4

Onde x é a variável de interesse x e y a variável de interesse y . \bar{x} e \bar{y} as médias das variáveis x e y respectivamente. Sendo n o número de pares de valores.

Também chamada de coeficiente de correlação (Equação 5), a correlação de Pearson reproduz o efeito da covariância sem escala unitária, portanto, o valor da correlação de Pearson entre duas variáveis pode ser comparado com quaisquer outras correlações, independente da escala da variável. Seu valor varia de -1, para

correlação máxima negativa, até +1, que corresponde à correlação máxima positiva. Valor igual a 0 corresponde a correlação nula entre variáveis, isto é, não existe qualquer associação entre ambas as variáveis. O estimador correlação (r_{yx}) é dado por:

$$\text{Corr}(x,y) = r_{yx} = \frac{s_{yx}}{s_y \cdot s_x}$$

Equação 5

Onde s_{yx} é a covariância entre as variáveis x e y. s_x é o desvio padrão da variável x e s_y é o desvio padrão da variável y.

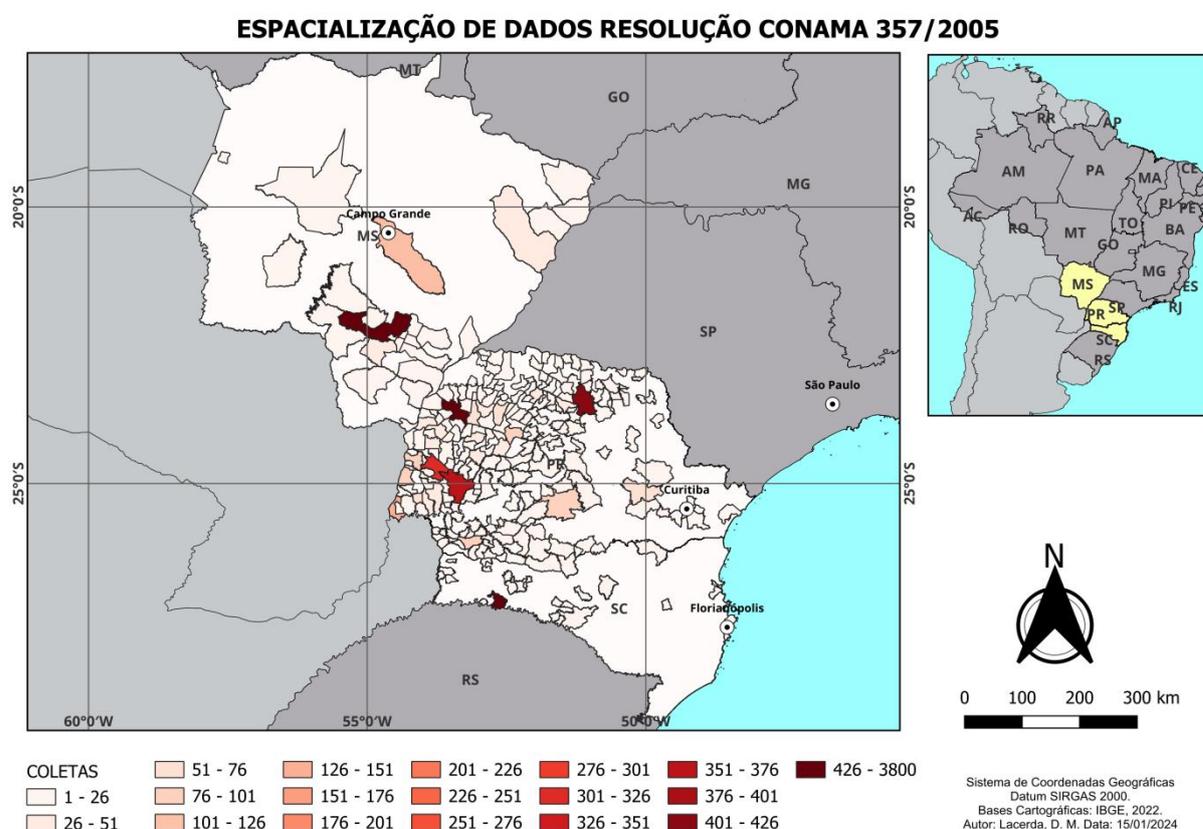
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após tratamento inicial dos dados e definições da área pesquisada, foi realizada a espacialização dos dados no *software* Qgis, a fim de formatar mapas para uma melhor visualização das regiões em estudo. A espacialização foi realizada para as duas portarias estudadas: CONAMA 357 e Portaria GM/MS 888/21. O presente trabalho avaliou um banco de dados com mais de 10.000 ordens de serviço (OS's), as quais se tratam de solicitações de clientes para as análises de compostos orgânicos.

4.10 CONAMA 357

Os dados espacializados para resolução CONAMA 357 encontram-se apresentados nas figuras 8, 9, 10 e 11. Sendo apresentados inicialmente os dados integrais da região em estudo e após apresentados regionalizados segundo os estados de interesse do estudo.

Figura 8 - Mapa 5 - Espacialização Região do Estudo. RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.



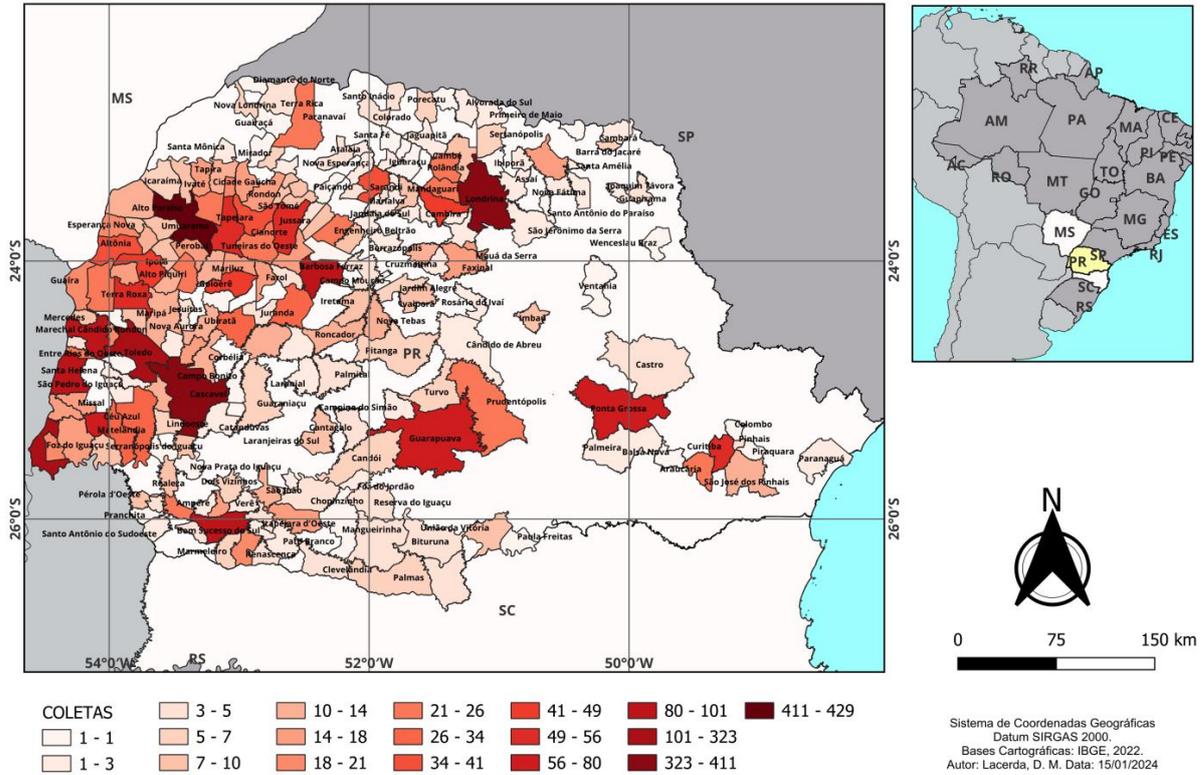
Fonte: Autor.

No mapa 5, verifica-se a espacialização geral nos três estados de estudo,

sendo possível observar algumas cidades com número de coletas superior a 300 solicitações para descarte de efluentes, dentro do período delimitado.

Figura 9 - Mapa 6 - Espacialização Paraná X Cidade. RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.

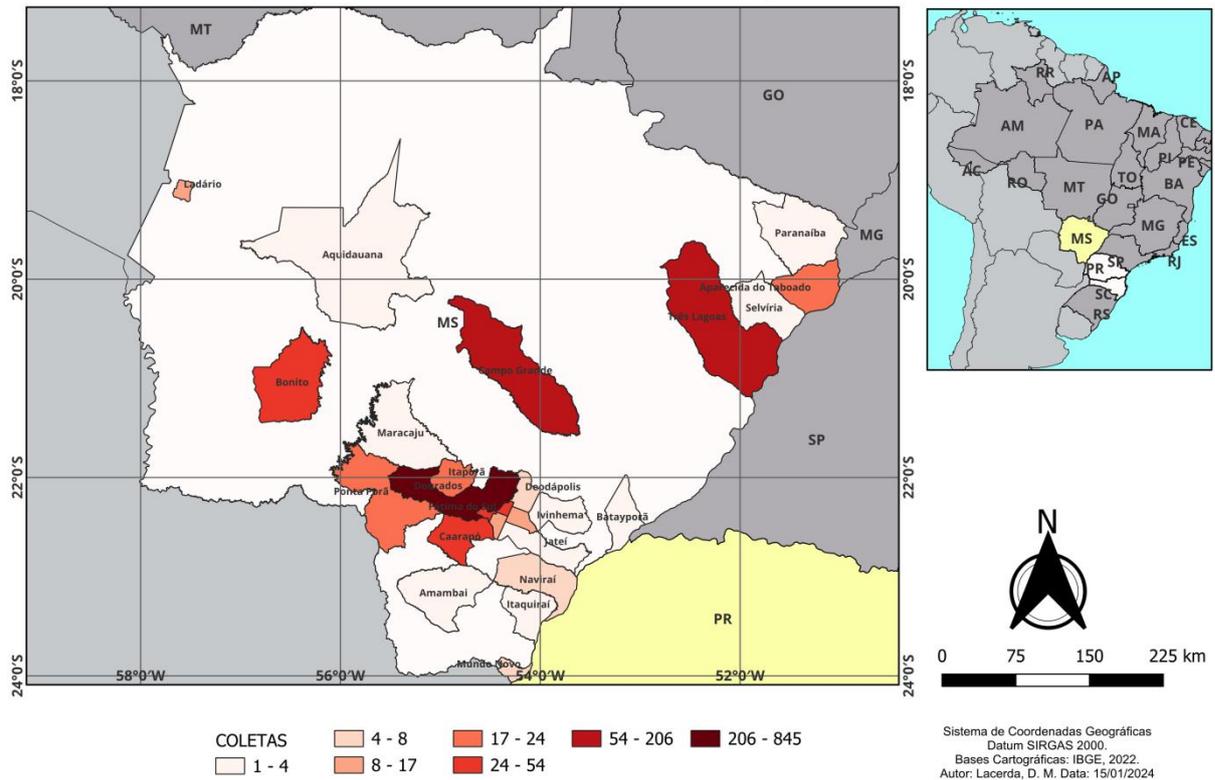
ESPACIALIZAÇÃO DE DADOS RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005 - PARANÁ



Fonte: Autor.

Figura 10 - Mapa 7 - Espacialização Mato Grosso do Sul X Cidade. Resolução CONAMA 357/2005.

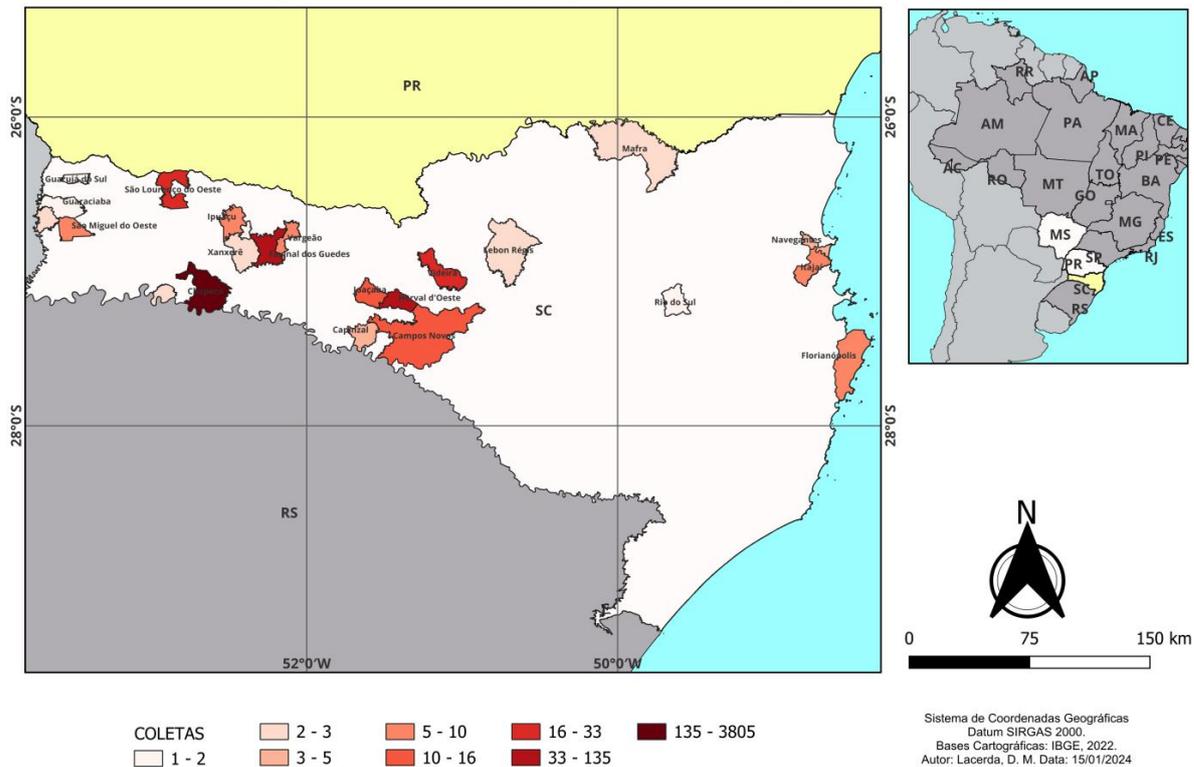
ESPACIALIZAÇÃO DE DADOS RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005 - MATO GROSSO DO SUL



Fonte: Autor.

Figura 11 - Mapa 8 - Espacialização Santa Catarina X Cidade. Resolução CONAMA 357/2005.

ESPACIALIZAÇÃO DE DADOS RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005 - SANTA CATARINA



Fonte: Autor.

Nas especializações referentes as portarias CONAMA 357/2005, verifica-se a predominância em algumas cidades específicas de cada estado escolhido para o estudo, isso se deve ao fato da presença de grandes indústrias ou agroindústrias localizadas nessas cidades, podendo inferir que o fato das solicitações de análises são relativas as portarias específicas, tais estabelecimentos tem se preocupado em seguir a legislação vigente, buscando a avaliação da qualidade da água descartada e o estado atual de uso.

Tabela 17 - Tabela quantitativa de solicitações. CONAMA/357 por estado, pós tratamento.

ESTADO	SOLICITAÇÕES	%
PR	4.260	43,46%
SC	4.145	42,29%
MS	1.396	14,24%
Total	9.801	100,00%

Fonte: Autor.

Observa-se na tabela 17, uma predominância no número de amostras no estado do Paraná, isso se deve ao fato do laboratório A3Q estar localizado na cidade de Cascavel no Paraná, sendo fonte de análises para várias empresas da região.

Tabela 18 - Tabela quantitativa de solicitações. CONAMA/357 por matriz, pós tratamento.

MATRIZ	QUANTIDADE	%
Água	1.633	16,66%
Efluente	8.168	83,34%
Total	10.094	100,00%

Fonte: Autor.

Já na tabela 18, temos a distribuição por matrizes cadastradas, chama atenção nesses dados o fato da Resolução CONAMA 357/2005 ser destinada à classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. O enquadramento como matriz “água” pode ser por solicitação direta do cliente ou por inconsistência no cadastro.

Tabela 19 - Tabela quantitativa de solicitações. CONAMA/357 por cidades (25 mais relevantes), pós tratamento.

CIDADE	SOLICITAÇÕES	%
CHAPECÓ	3.773	38,50%
DOURADOS	845	8,62%

UMUARAMA	417	4,25%
LONDRINA	411	4,19%
CASCAVEL	355	3,62%
TOLEDO	323	3,30%
CAMPO GRANDE	206	2,10%
FAXINAL DOS GUEDES	135	1,38%
SANTA HELENA	99	1,01%
FOZ DO IGUAÇU	99	1,01%
CAMPO MOURÃO	84	0,86%
GUARAPUAVA	80	0,82%
MARECHAL CANDIDO RONDON	68	0,69%
FRANCISCO BELTRÃO	67	0,68%
MEDIANEIRA	65	0,66%
PONTA GROSSA	61	0,62%
CIANORTE	56	0,57%
CURITIBA	52	0,53%
CRUZEIRO DO OESTE	52	0,53%
PALOTINA	51	0,52%
CAARAPÓ	46	0,47%
APUCARANA	46	0,47%
TRÊS LAGOAS	45	0,46%
TAPEJARA	41	0,42%
HERVAL D'OESTE	39	0,40%

Fonte: Autor.

Na tabela 19, observa-se predominância de amostras coletadas na cidade de Chapecó no estado de Santa Catarina (SC), seguidos pelas cidades de Dourados no Mato Grosso do Sul (MS) e Umuarama no estado do Paraná (PR).

A predominância da atividade agroindustrial nas cidades analisadas está diretamente relacionada ao aumento dos riscos ambientais, especialmente devido ao descarte inadequado de águas residuais. Quanto maior a intensidade dessas atividades, maior a necessidade de monitoramento constante para avaliar os impactos ambientais. Esse acompanhamento é evidenciado pelo volume de análises realizadas.

Ao se analisar os dados brutos da base de dados referente a Resolução CONAMA 357/2005, verifica-se a presença de alguns compostos com valores acima dos valores máximos permitidos (VMP), em 18 dos 54 compostos avaliados.

Quando avaliada a base de dados relativa a Resolução CONAMA 357/2005, temos um conjunto com 10.099 OS's, perfazendo um total de 54 análises contemplados de acordo com o objetivo proposto no trabalho (Compostos Orgânicos), sendo 1.864 classificadas em suas solicitações como "Água", e 8.230

OS's cadastradas e classificadas como "Efluentes", perfazendo respectivamente 18,4% e 81,6%, com uma variabilidade grande quanto a determinação do ponto de coleta, evidenciados anteriormente na tabela 8.

Ao avaliar o banco de dados relativo a Resolução CONAMA 357/2005, verifica-se valores acima da referida legislação de alguns compostos, tabela 20.

Tabela 20 - Tabela quantitativa dos compostos com VMP acima do permitido. CONAMA/357.

COMPOSTO	TOTAL DE SOLICITAÇÕES DO COMPOSTO	VMP DO COMPOSTO (CONAMA 357)	% DE AMOSTRAS DO CONJUNTO ACIMA DO VMP
BENZENO	9.746 (100%)	5,0µg/L	635 (6,5%)
2 CLOROFENOL	75 (100%)	0,10µg/L	1 (1,3%)
CRISENO	75 (100%)	0,05µg/L	1 (1,3%)
1,2 DICLOROETANO	1.220 (100%)	0,01mg/L	1 (0,2%)
DICLOROMETANO	1.222 (100%)	0,02mg/L	53 (4,3%)
DDT	1.225 (100%)	0,002µg/L	1 (0,1%)
ESTIRENO	400 (100%)	0,02mg/L	30 (7,5%)
ETILBENZENO	9.773 (100%)	90µg/L	201 (2,1%)
FENÓIS TOTAIS	65 (100%)	0,003mg/L	1 (1,5%)
PENTACLOROFENOL	1.232 (100%)	3,0µg/L	1 (0,1%)
SURFACTANTES	2.465 (100%)	0,5mg/L	1.631 (66,3%)
2,4,5-T	237 (100%)	2µg/L	1 (0,4%)
TETRACLORETO DE CARBONO	1.389 (100%)	1,6µg/L	1 (0,1%)
TETRACLOETENO	1.230 (100%)	1,0mg/L	3 (0,2%)
TOLUENO	9.801 (100%)	2,0µg/L	1.954 (19,9%)
TRICLOROBENZENO	235 (100%)	0,02mg/L	1 (0,4%)
2,4,6 TRICLOROFENOL	941 (100%)	0,01mg/L	1 (0,1%)
XILENO	9,772 (100%)	300µg/L	243 (2,5%)

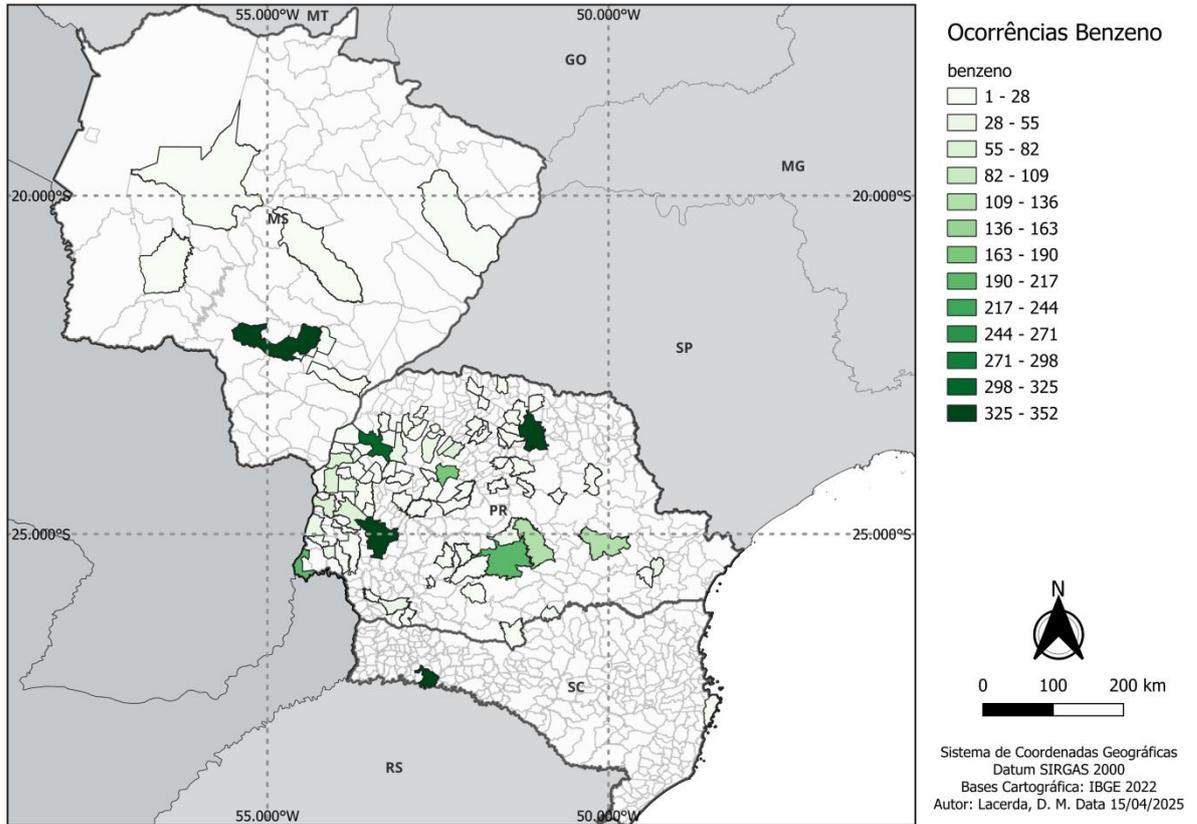
Fonte: Autor.

Observa-se vários compostos com um alto percentual de ocorrências, porém não se pode considerar apenas o percentual de ocorrência como critério de importância, devendo-se levar em consideração outras características químicas e contaminantes dos compostos, visto que mesmo em baixo percentual, possuem uma grande capacidade contaminante e um grande impacto na saúde e ao meio ambiente.

Abaixo foi realizada a espacialização dos compostos relevantes, os quais foram considerados como relevantes para essa etapa, os que tiveram maior quantidade de amostras com limites acima do VMP aceitável na legislação. Sendo

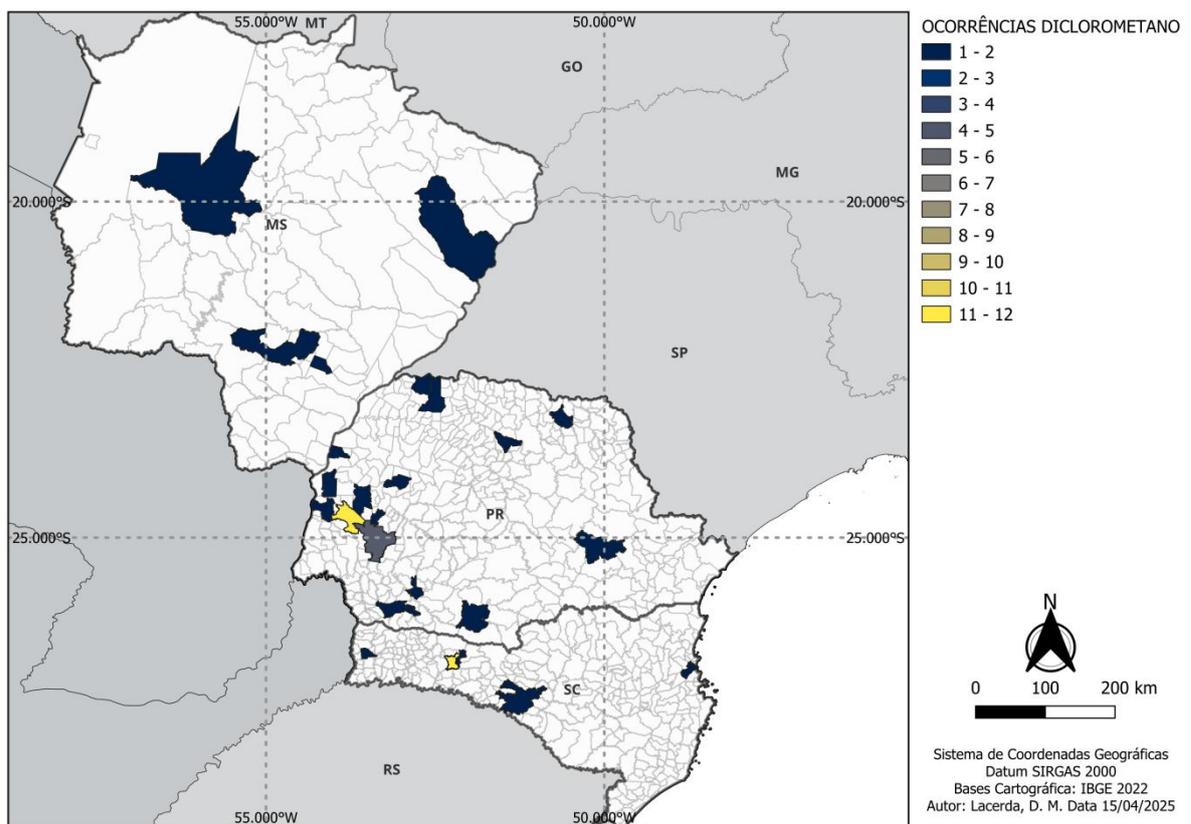
eles: Benzeno, Diclorometano, Estireno, Etilbenzeno, Surfactantes, Tolueno e Xileno. Esses compostos já foram detalhados seus percentuais de ocorrência na Tabela 20.

Figura 12 - Mapa 9 - Espacialização Ocorrências Benzeno. Resolução CONAMA 357/2005.



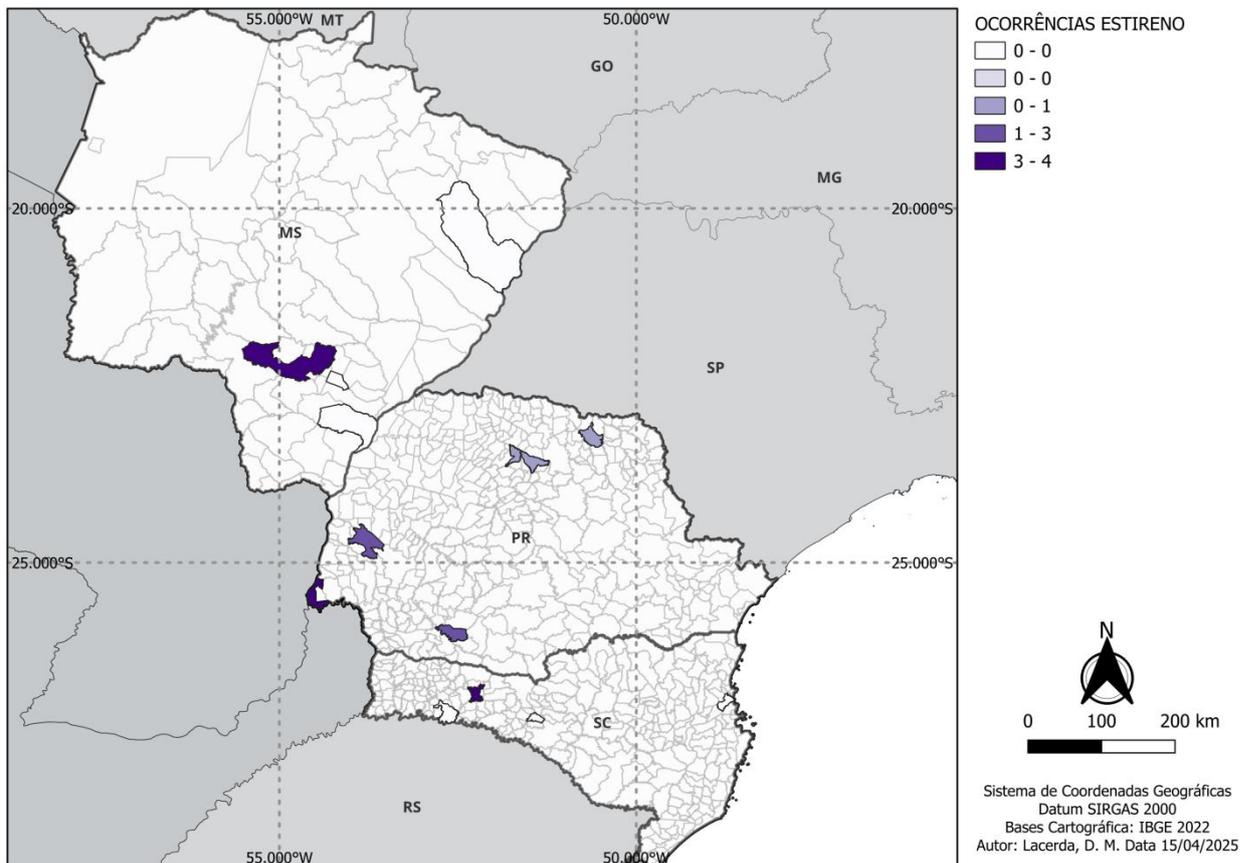
Fonte: Autor.

Figura 13 - Mapa 10 - Espacialização Ocorrências Diclorometano. Resolução CONAMA 357/2005.



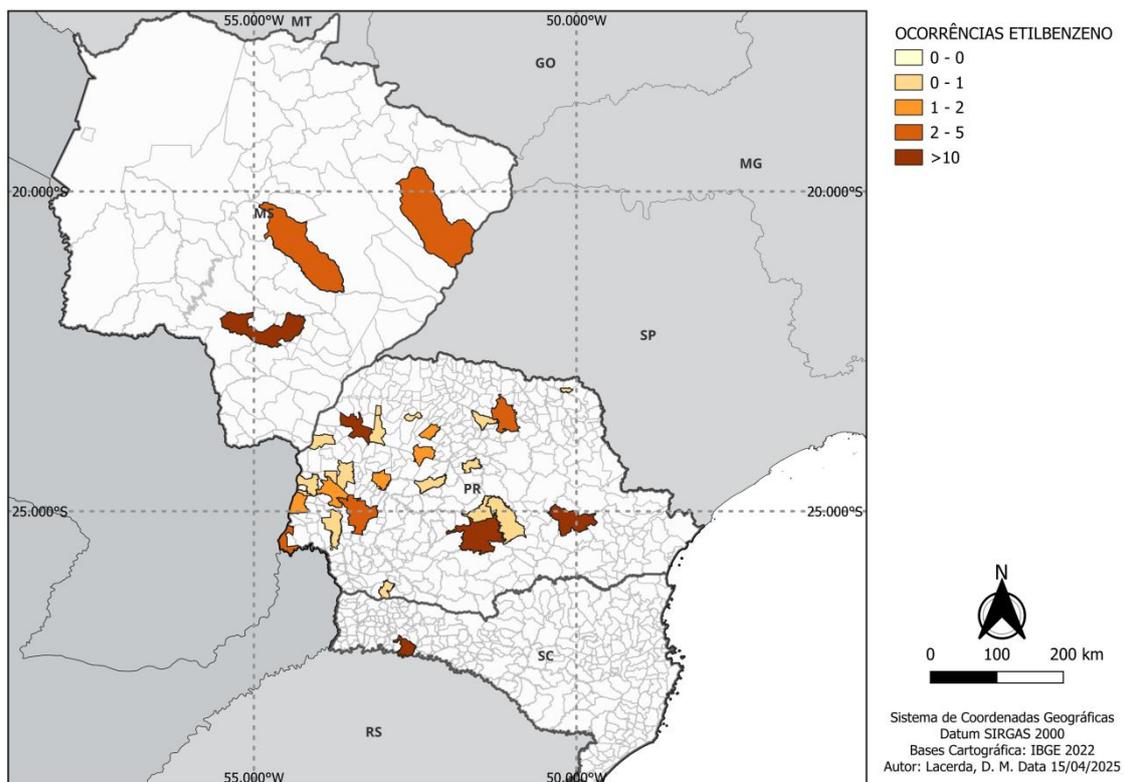
Fonte: Autor.

Figura 14 - Mapa 11 - Espacialização Ocorrências Estireno. Resolução CONAMA 357/2005.



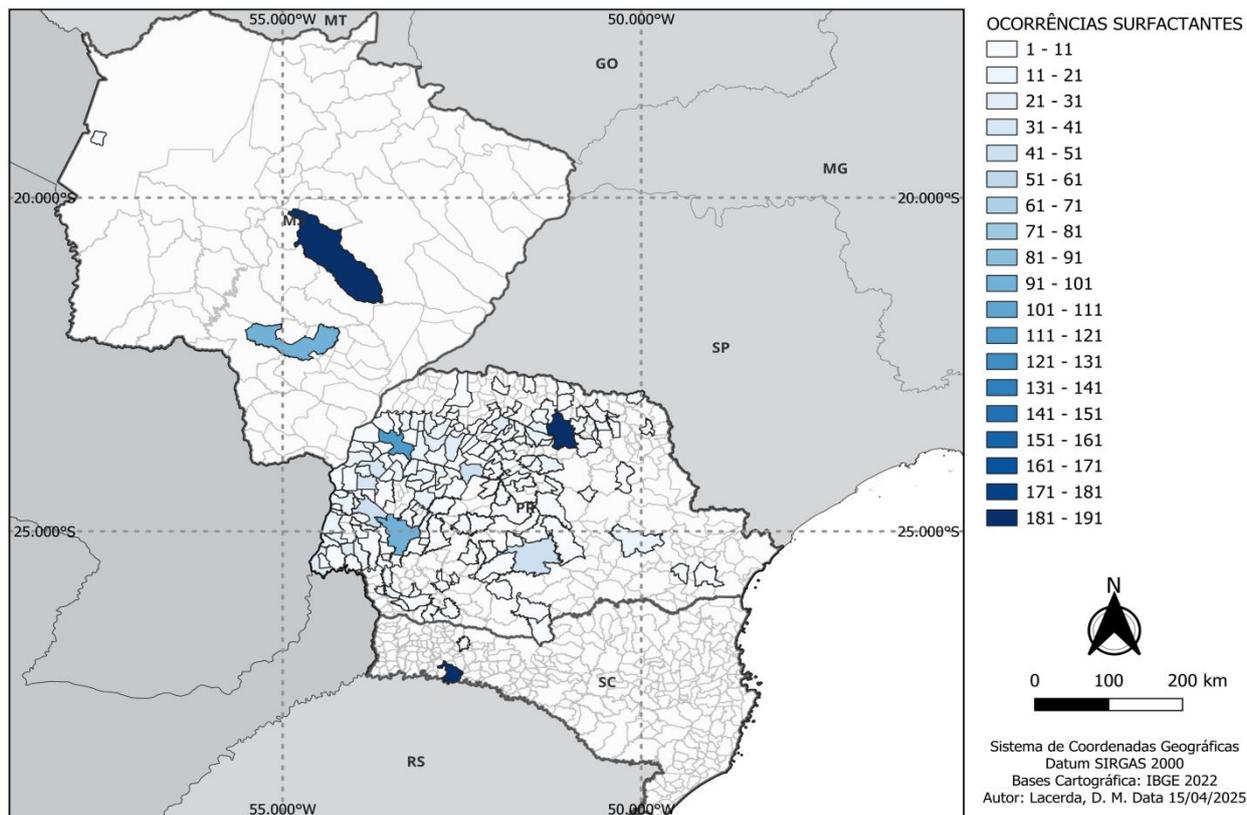
Fonte: Autor.

Figura 15 - Mapa 12 - Espacialização Ocorrências Etilbenzeno. Resolução CONAMA 357/2005.



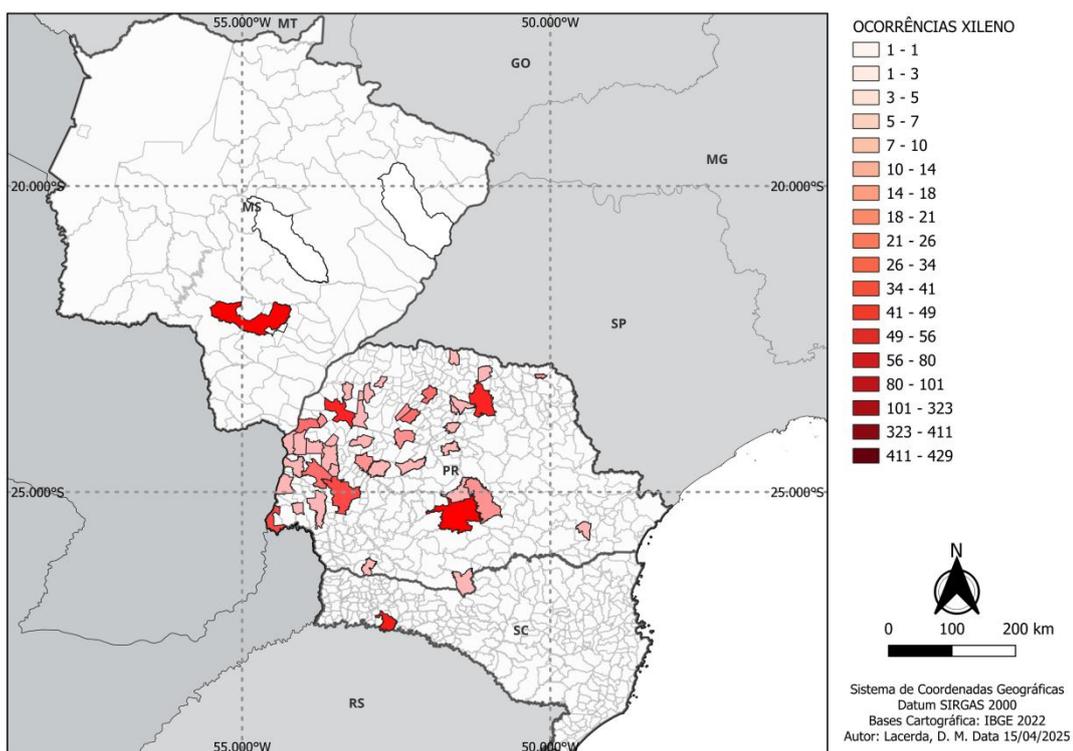
Fonte: Autor.

Figura 16 - Mapa 13 - Espacialização Ocorrências Surfactantes. Resolução CONAMA 357/2005.



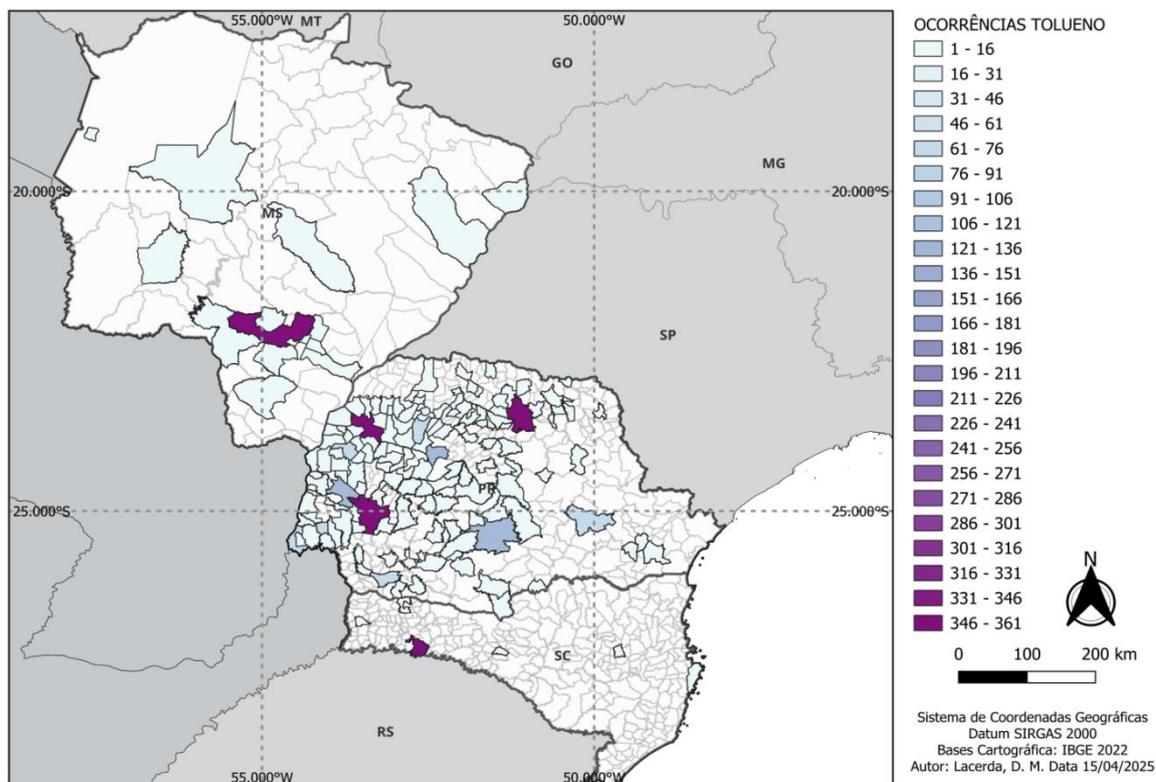
Fonte: Autor.

Figura 17 - Mapa 14 - Espacialização Ocorrências Xileno. Resolução CONAMA 357/2005.



Fonte: Autor.

Figura 18 - Mapa 15 - Espacialização Ocorrências Tolueno. Resolução CONAMA 357/2005.



Fonte: Autor.

As análises de BTEX e Surfactantes têm predominância de ocorrências sobre o banco de dados, tais compostos estão ligados diretamente a produção industrial e agroindustrial, por serem compostos residuários da atividade com combustíveis e produtos de limpeza respectivamente.

Os compostos do grupo BTEX (Benzeno; Tolueno; Etilbenzeno; Xileno) estão intrínsecos ao processo produtivo. As grandes indústrias utilizam veículos e possuem parques de manutenção geralmente dentro do parque produtivo, tais resíduos podem se deslocar para os efluentes gerais da indústria trazendo assim contaminação as águas residuárias. Além de estarem presentes, também, em produtos de manutenção derivados de petróleo que podem ser utilizados no ambiente produtivo agroindustrial.

Surfactantes são moléculas anfífilas por possuírem regiões hidrofílicas e hidrofóbicas em uma única molécula. São amplamente empregadas em vários segmentos da vida humana, sendo encontrados em: detergentes domésticos, produtos pessoais e de saúde, pesticidas, óleo, papel, mineração, indústria têxteis e

etc. Esses compostos são utilizados para diminuir as tensões interfaciais entre dois líquidos ou entre um líquido e um sólido, aumentando o poder de limpeza. Uma lavagem para fins domésticos pode produzir efluente contendo surfactantes (Ribeiro et. al, 2023).

Conforme citado anteriormente, tais compostos estão inseridos dentro do processo industrial, desde o processo produtivo, com os resíduos de substâncias agrotóxicas como também no processo industrial de produção de alimentos. Por se tratar de uma indústria que preza a limpeza dos ambientes e da cadeia produtiva é comum a presença desses compostos, porém ressalta-se a necessidade de meios mais eficazes na remoção de tais compostos das águas residuárias, bem como uma maior vigilância do uso e descarte. Evidencia-se a necessidade de melhor gestão do processo com a utilização de mecanismos mais eficientes de retirada desses compostos nas águas residuais. Na tabela 21 temos a relação completa dos compostos e análises realizadas e quantidade de análises que ultrapassam os VPM's permitidos.

Tabela 21 - Tabela Expositiva de Parâmetros; Unidades de Medida; VMP; LQ; Quantidade de OS's; Resultados Superiores ao VMP. Resolução CONAMA 357/2005.

Parâmetro	Acrilamida	Alacloro	Aldrin+ Deldrin	Atrazina	Benzeno	Benzidina	Benzo(a) Antraceno	Benzo(a) Pireno	Benzo(b) Fluoranteno	Benzo(k) Fluoranteno	Carbaril	Clordano (cis+trans)	2-Clorofenol	Criseno	2,4 D	Demeton (demeton-o + demeton-s)	Dibenzo (a,h) Antraceno	1,2-Dicloroetano	
Unidade	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l
VMP	0,500	20,0	0,005	2,0	5,0	0,001	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,04	0,10	0,05	4	14	0,05	0,05	0,01
LQ A3Q	0,150	0,05	0,002	0,05	1,00	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,05	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05	0,001
Qtd OS's	1.222	1.221	1.227	7.864	9.746	65	75	1.238	75	67	65	898	75	75	1.052	65	75	75	1.220
Resultados Superiores ao VMP	0	0	0	0	635	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	3
Parâmetro	1,1-Dicloroetano	2,4-Diclorofenol	Diclorometano	ddt (p,p'-ddt + p,p'-dde + p,p'-ddd)	Dodecacloro pentaciclodecano	Endossulfan	Endrin	Estireno	Etilbenzeno	Fenóis Totais	Glifosato	Gution	Heptacloro	Hexacloro-benzeno	Indeno (1,2,3-cd) pireno	Lindano	Malation	Metolacloro	
Unidade	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
VMP	30	0,3	0,02	0,002	0,001	0,056	0,004	0,02	90	0,003	65	0,005	0,01	0,0065	0,05	0,02	0,1	10,0	
LQ A3Q	1,0	0,05	0,001	0,001	0,001	0,05	0,003	0,005	0,863	0,05	30	0,003	0,003	0,003	0,01	0,003	0,05	0,05	
Qtd OS's	251	773	1.222	1.225	65	235	243	400	9.773	65	1.220	65	65	73	75	1.221	1.049	1.221	
Resultados Superiores ao VMP	0	0	53	1	0	0	0	31	201	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Parâmetro	Metoxicloro	Paration	Pcbs - bifenilas policloradas	Pentaclorofenol	Aimazina	Surfactantes	2,4,5-T	Tetracloroeto de carbono	Tetracloroetano	Tolueno	Toxafeno	2,4,5-TP	Tributil-estanho	Triclorobenzeno (1,2,3-tcb + 1,2,4-tcb)	Tricloroetano	2, 4, 6 - Triclorofenol	Trifluralina	Xileno	
Unidade	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	
VMP	0,03	0,04	0,001	3,0	2,0	0,5	2,0	1,6	1,0	2,0	0,01	2,0	0,063	0,02	0,03	0,01	0,2	300	
LQ A3Q	0,003	0,004	0,001	0,05	0,05	0,2	0,05	1,0	0,830	0,871	0,01	0,05	0,05	0,001	0,001	0,005	0,05	1,763	
Qtd OS's	65	65	71	1.232	1.221	2.465	237	1.389	1.230	9.801	65	65	65	235	1.328	941	1.221	9.772	
Resultados Superiores ao VMP	0	0	0	1	0	1.631	1	1	3	1.954	0	0	0	1	0	1	0	243	

Fonte: Autor.

Ao verificar a análise de correlação, observa-se a forte correlação entre os compostos abaixo, formando-se 7 agrupamentos significativos, que seguem abaixo destacados:

- 1 - SURFACTANTES > FENÓIS TOTAIS
- 2 - XILENO > BENZENO > ETILBENZENO > TOLUENO
- 3 - 2,4,6 TRICOLOROFENOL > 2-CLOROFENOL > CRISENO
- 4 - TOLUENO > BENZENO > DICLOMETANO > ETILBENZENO
- 5 - ETILBENZENO > BENZENO
- 6 - ESTIRENO > DICLOROMETANO
- 7 - CRISENO > 2-CLOROFENOL

Os compostos apresentaram, em seus resultados analíticos, fortes relações, com alterações significativas, demonstrando interação entre os mesmos. Alguns grupos listados nas interações, tais como os grupos 2, 4 e 5 são compostos amplamente estudados e com interações conhecidas, sendo compostos essenciais em combustíveis ou derivados. Conforme Amaral (2017), a gasolina é uma mistura complexa de frações líquidas leves do petróleo, contendo diversos hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, como benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX), compostos lipossolúveis e tóxicos que agem como depressores do sistema nervoso central e apresentam toxicidade mesmo em baixas concentrações.

Além disso, dentre os BTEX, o benzeno destaca-se como o principal composto de relevância toxicológica, devido aos seus efeitos à saúde humana, como síndromes mielodisplásicas (SMD) e, principalmente, a seu efeito carcinogênico, como leucemia mieloide aguda (LMA), isso faz com que a exposição ao benzeno, ou exposição a esse grupo BTEX tenha grande influência no âmbito da saúde ambiental. As amostras estudadas podem sofrer a contaminação desses compostos, visto estarem inseridas em várias atividades da agroindústria.

Assim como relata Mello (2007), no Brasil, os efluentes em grande parte dos centros urbanos e das áreas industriais não são devidamente tratados, sendo lançados indiscriminadamente nos corpos d'água, comprometendo a fauna, a

flora e a qualidade de vida da população, gerando sérios riscos aos corpos hídricos e a toda cadeia inserida. Na indústria agrícola esses compostos podem aparecer devido ao próprio processo.

Dentre os compostos citados acima temos o benzeno (C₆H₆) que é um composto volátil, incolor e inflamável. É formado em processos naturais e antropogênicos. Pode ser emitido em atividades industriais e é utilizado na manufatura de alguns produtos químicos como detergentes, explosivos, tintas, pigmentos, etc. As emissões provenientes dos processos na indústria petroquímica, as emissões evaporativas no armazenamento e nos processos de transferência de combustíveis, bem como nos postos de abastecimento (Cetesb, 2016).

Quanto à toxicidade dos BTEX, a literatura destaca o benzeno como o mais agressivo à saúde humana. O benzeno é rapidamente absorvido nos pulmões e imediatamente distribuído pelo corpo, tendendo a se acumular nos tecidos gordurosos. Segundo a Agência Ambiental dos EUA (USEPA), o benzeno está classificado no grupo A, como carcinogênico para pessoas. A exposição crônica a este poluente pode causar danos ao sistema imunológico (alterações nos níveis de anticorpos e perda de células brancas do sangue). De acordo com a Organização Mundial da Saúde – OMS, o benzeno é cancerígeno para os seres humanos e nenhum nível seguro de exposição pode ser recomendado.

O tolueno (C₇H₈) é um líquido volátil, incolor e inflamável. As principais fontes de emissão de tolueno para o ambiente são os combustíveis fósseis. O tolueno está presente na gasolina, é utilizado na produção de benzeno, além de ser usado como solvente. Também pode ser emitido durante a produção, uso e descarte de produtos industrializados que contenham tolueno. As concentrações em ambientes internos podem ser elevadas em decorrência do uso de produtos domésticos, como tintas, *thinners*, adesivos e esmalte de unha, além de fumaça de cigarro. A exposição ao tolueno pode afetar o sistema nervoso central de humanos e animais (Cetesb, 2016).

O etilbenzeno (C₈H₁₀) é um líquido incolor, volátil, com odor semelhante ao da gasolina. É encontrado no petróleo e em produtos manufaturados como tintas, tintas de impressão e inseticidas. O etilbenzeno é um constituinte (15-20%) de xileno comercial ("xilenos mistos"), utilizado como solvente da borracha e como diluente de tintas e vernizes, e como solvente na indústria da borracha e químicos.

A exposição aguda ao etilbenzeno resulta em efeitos respiratórios bem como irritação dos olhos e garganta e efeitos neurológicos como vertigem. Estudos conduzidos em animais reportaram efeitos no sangue, fígado e rins por exposição crônica (Cetesb, 2016).

O termo xileno (C₈H₁₀) refere-se ao conjunto de três isômeros orto-xileno, meta-xileno e para-xileno que diferem em função da posição relativa dos grupos metila. Esse conjunto de compostos também é conhecido como xilol. O isômero predominantemente encontrado no xileno comercial é o meta-xileno, na ordem de 40% a 65%, com orto e para-xileno presentes em até 20%. É um líquido incolor, inflamável, praticamente insolúvel em água e com odor adocicado. Os xilenos são encontrados no petróleo e têm sido amplamente utilizados em fragrâncias sintéticas e na fabricação de tintas, vernizes e borracha.

A inalação por exposição aguda a misturas de xilenos resulta em irritação dos olhos, nariz e garganta, efeitos gastrointestinais e neurológicos. A exposição crônica, dependendo das concentrações, pode afetar o sistema nervoso central (Cetesb, 2016).

Em relação aos compostos BTEX, os mesmos possuem um grande impacto, provocando contaminações ambientais e ocupacionais. A gasolina é uma mistura complexa de frações líquidas leves do petróleo, contendo diversos hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, como benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX), compostos lipossolúveis e tóxicos que agem como depressores do sistema nervoso central e apresentam toxicidade mesmo em baixas concentrações. Além disso, dentre os BTEX, o benzeno destaca-se como o principal composto de relevância toxicológica, devido aos seus efeitos à saúde humana, como síndromes mielodisplásticas (SMD) e, principalmente, a seu efeito carcinogênico, como leucemia mieloide aguda (LMA). O benzenismo corresponde ao conjunto de sinais e sintomas decorrentes da exposição ao benzeno. O mecanismo de ação da toxicidade hematopoiética do benzeno ainda permanece em grande parte desconhecido, tanto no desenvolvimento de citopenias periféricas quanto no processo leucogênico da LMA (Amaral, et. al., 2017)

O grupo 1, das interações relacionadas a partir análise de agrupamentos, não possui interações químicas conhecidas a não ser o seu impacto ambiental. A relação entre surfactantes e fenóis totais geralmente está associada à poluição ambiental, especialmente em corpos d'água e solos contaminados. Tanto

surfactantes, quanto fenóis são compostos químicos com impacto significativo na qualidade da água, sendo comumente encontrados em efluentes industriais e domésticos. Surfactantes são compostos que diminuem a tensão superficial entre dois líquidos ou entre um líquido e um sólido. Eles são amplamente utilizados em detergentes, produtos de limpeza, e processos industriais, podendo causar impacto negativo na vida aquática, interferindo na respiração dos peixes e outros organismos. Ademais, os surfactantes podem alterar as propriedades físicas da água, como a formação de espumas.

Os detergentes contêm uma região apolar, formada por uma longa sequência de carbonos e hidrogênios, e uma região polar, que apresenta as seguintes funções orgânicas: os sais amônio quaternário, ácido sulfônico, fosfatos e aminas terciárias. Comercialmente, o princípio ativo mais encontrado é o ácido sulfônico, pois possui propriedades surfactantes de alta performance que auxiliam na remoção de gordura e sujeira (Silva, 2023).

Os fenóis são uma classe de compostos orgânicos que podem ser tóxicos e são liberados por indústrias químicas, de papel e celulose, e refinarias de petróleo, entre outras. São nocivos à saúde humana e à vida aquática, além de serem precursores de compostos mais perigosos, como os cloros fenóis, que têm propriedades cancerígenas. Ambos podem ser encontrados juntos em efluentes industriais. A combinação de surfactantes e fenóis pode ter um efeito adverso ainda maior no meio ambiente, já que ambos podem degradar a qualidade da água, reduzir o oxigênio dissolvido e aumentar a toxicidade para organismos aquáticos (Ribeiro *et. al*, 2023).

O CONAMA determina como concentração máxima de substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno o valor de 0,5 mg/L em água doce da classe 1, uma vez que a ingestão de surfactantes acima dessa concentração pode ser prejudicial à saúde, o que torna essencial o tratamento para remoção de surfactantes de efluentes. Assim como para a remoção de corantes, na remoção de surfactantes, o carvão ativado é um adsorvente comum (Tomaz *et. al*, 2023).

Mesmo com muitas legislações vigentes no Brasil que visam garantir a segurança do alimento, as empresas têm investido além dessas exigências, buscando programas, certificações e selos de garantia de segurança e qualidade. Tal reconhecimento vai além do cumprimento legal local, pois posiciona a empresa em outro patamar no mercado, agregando valor e aumentando o

respeito à imagem da marca. Desse modo, faz-se necessário o controle higiênico, sanitário e tecnológico por parte do setor produtivo para que se tenha a garantia de um alimento seguro e livre de contaminações. A higienização na indústria de alimentos, faz parte das exigências primordiais das boas práticas de fabricação, fornecendo a todo o ambiente industrial condições sanitárias adequadas, objetivando que este não se torne um perigo para a contaminação do alimento, favorecendo que ele seja produzido em condições e padrões de qualidade aceitáveis e recomendados pela legislação. Para isso, devem ser tomadas precauções adequadas, em termos de higienização, realizando a remoção de sujidades e outras substâncias indesejáveis durante o processo de limpeza e reduzindo o número de microrganismos a um nível que não comprometa o alimento (Silva, 2023).

Portanto, para se obter um programa de higienização eficaz, é essencial ter conhecimento da natureza da sujidade a ser removida, assim será possível escolher a maneira mais adequada de remoção. Sendo assim, torna-se mais relevante a preocupação na escolha do método de higienização e dos químicos ideais para cada tipo de operação.

O uso de detergente neutro na indústria alimentícia desempenha um papel importante na manutenção dos padrões de higiene e segurança alimentar. Os detergentes neutros são formulações de limpeza que têm um pH próximo ao neutro, na faixa de pH do 6 ao 8. Como qualquer produto de limpeza, os detergentes neutros, podem conter uma variedade de ativos, dependendo da formulação específica de um fabricante. No entanto, geralmente, os principais ativos presentes em um detergente neutro concentrado são os surfactantes ou agentes tensoativos. (Silva, 2023).

No grupo 4, ainda temos a interação dos compostos de BTEX com o composto diclorometano (CH_2Cl_2), o diclorometano é um líquido incolor, não inflamável e não explosivo no ar, muito volátil e de odor adocicado, semelhante ao do clorofórmio. É utilizado industrialmente como solvente na produção de fibras sintéticas, na extração de óleos e gorduras e na decapagem de tintas; como agente desengordurante e de limpeza de peças como motores, bombas e metais; como propelente em aerossóis e componente de adesivos, tintas, vernizes e removedores de tinta, produtos farmacêuticos e agrotóxicos.

O diclorometano pode estar presente no ambiente pelo lançamento de vários tipos de efluentes. Uma vez liberado na água ou no solo, tem sua maior parte vaporizada. No ar, é degradado por luz solar e reage com outras substâncias químicas e pode persistir nesse meio por até 500 dias. A biodegradação do DCM é rápida em água. No solo, apenas uma pequena parcela da substância passa por esse processo e, por sua alta mobilidade, é lixiviada para a água subterrânea. Na água superficial e na água subterrânea, uma vez presente pela ação humana, as concentrações de DCM são, em geral, mais elevadas em função da sua volatilização ser restrita. A principal via de exposição ao diclorometano é a inalação e a substância apresenta baixa toxicidade aguda. A inalação aguda de altas concentrações da substância está associada com efeitos no sistema nervoso central (SNC) e formação de carboxiemoglobina (COHb) que é incapaz de transportar o oxigênio inalado para os tecidos, ocasionando baixa concentração de oxigênio (hipóxia). A inalação crônica (de longo prazo) pode ocasionar: cefaleia, náusea, perda da memória e tontura (Cetesb, 2022).

No grupo 6, temos dois compostos com forte relação, Estireno e Diclorometano. Ambos compostos são hidrocarbonetos, ou seja, compostos que possuem em sua composição somente átomos de carbono e hidrogênio. Os dois compostos têm sua gênese no processo industrial, a partir de partículas de plástico ou compostos químicos utilizados nos mais diversos processos. Conforme destaca Montagner (2021), a poluição plástica é atualmente um problema de grande relevância sob o ponto de vista ambiental e socioeconômico, consequência principalmente da má gestão dos resíduos sólidos, dentre outros fatores. Uma ramificação da questão é dada pela poluição causada por plásticos cujos tamanhos estejam nas escalas micrométrica e milimétrica.

Já nos grupos 3 e 7, temos os compostos 2, 4, 6 -Triclorofenol, 2 Cloro fenol e Criseno como compostos com alto grau de interação. Compostos organoclorados são considerados uma importante classe de contaminantes ambientais devido à sua elevada toxicidade e reduzida biodegradabilidade. Dentre estes, os cloros fenóis possuem especial destaque, pois dificilmente são removidos pelos tratamentos de água convencionais e são continuamente lançados no ambiente por diversos processos industriais, representando, assim, um importante risco ambiental.

Estes compostos fazem parte da formulação de diversos químicos de uso diário, tais como pesticidas, como também podem ser gerados durante a etapa da desinfecção (cloração) em estações de tratamento de água (ETA), que é o caso do

2, 4, 6 - triclorofenol (TCP). Tal é a relevância ambiental deste contaminante, que se encontra na lista de substâncias prioritárias a serem monitoradas para fins de controle ambiental (Souza, 2018).

O 2, 4, 6 - Tricloro fenol (2, 4, 6 - TCF) é o principal isômero formado através desse processo. Cloro fenóis são especialmente tóxicos e potencialmente carcinogênicos. Muitos são considerados poluentes prioritários para serem monitorados em água pela União Europeia e pela agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (Sartori, 2007). Fenol e clorofenóis são considerados importantes classes de contaminantes aquáticos desde 1976 pela EPA devido à sua toxicidade, persistência e bioacumulação nos organismos aquáticos, gerando extrema preocupação e estimulando que medidas urgentes sejam tomadas com relação não só ao tratamento bem como à minimização dos resíduos.

Os clorofenóis são gerados por diversas fontes, entre elas a indústria de papel, onde durante o processo de branqueamento com cloro, estes compostos são formados como resultado da reação com ligninas presentes na polpa. Alguns clorofenóis são intermediários de síntese de herbicidas, outros usados como preservantes de madeira como o pentaclorofenol (Nogueira, 2002).

O Criseno (C₁₈H₁₂) faz parte do grupo dos HPA's (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos), segundo a Cetesb (2022), os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) são uma classe de mais de 100 substâncias químicas que ocorrem naturalmente no carvão, no petróleo bruto e na gasolina e, também, são gerados durante a combustão incompleta ou pirólise de matéria orgânica e em vários processos industriais. A maioria dos HPAs, como composto individual, não tem uso conhecido, exceto para fins de pesquisa. Poucos HPAs são usados na produção de corantes (acenafteno, antraceno, fluoranteno e pireno), plásticos (acenafteno) e agrotóxicos (acenafteno e fenantreno).

Os hidrocarbonetos aromáticos polinucleares (HPAs) são originados por fontes antropogênicas (queima de florestas, atividades industriais e atividades residenciais) ou por atividades naturais (atividades vulcânicas e biossíntese por algas) (Bettin, 2005).

Importantes fontes de emissão de HPAs são a exaustão veicular, as fontes de aquecimento industrial e residencial, o processamento de carvão, de petróleo bruto e de gás natural, a incineração de lixo. Os HPAs liberados no ambiente podem formar ou ligar-se as partículas no ar com tamanhos diferentes dependendo em parte da fonte. Em geral, os HPAs com dois ou três anéis estão presentes no ar predominantemente na fase de vapor, os HPAs que possuem quatro anéis existem tanto na fase de vapor quanto no particulado e os HPAs com cinco ou mais anéis são encontrados predominantemente ligados as partículas. A concentração de HPAs no ar ambiente varia conforme a estação do ano, em áreas urbanas. A degradação dos HPAs adsorvidos as partículas na atmosfera ocorre, principalmente, por fotólise e muitos HPAs como o benzo(a)pireno são rapidamente degradados pela luz UV. Os HPAs liberados na atmosfera podem ser transportados a curta e longa distâncias e são removidos por deposição úmida ou seca no solo, na água e na vegetação (Cetesb, 2022)

Os HPA's afetam a saúde das pessoas. Conforme várias agências internacionais como os Centros de Controle e Prevenção de Doenças (*Centers for Disease Control and Prevention* - CDC), vários HPA são considerados causadores de câncer de acordo com a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (*International Agency for Research on Cancer* - IARC) e com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*United States Environmental Protection Agency* - US-EPA) que atribui valores potenciais de 1,0 a 0,001 para os HPA, sendo 1,0 para benzo(a)pireno e dibenzo(a,h)antraceno, 0,1 para benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno e indeno (1, 2, 3 - cd) pireno, 0,01 para benzo(k)fluoranteno e 0,001 para criseno (Piracelli, 2020).

Ainda pode-se citar que os alimentos e bebidas são uma das maiores fontes de exposição humana aos HPAs. A ocorrência destes nos alimentos é influenciada pelas mesmas características físico-químicas que determinam sua absorção e distribuição em humanos. Diversos estudos têm sido realizados comprovando a presença destes compostos em vários alimentos brutos ou processados, além de bebidas e águas. Os alimentos podem ser contaminados a partir de HPAs, disseminados no meio ambiente (ar atmosférico, solo ou água) ou durante o processamento e cozimento. As principais etapas de processamento são secagem e defumação e as de cozimento são as que utilizam altas temperaturas, tais como aquelas que envolvem ações de grelhar, assar e fritar.

Em áreas distantes de centros urbanos e industriais, os teores de HPAs presentes nos alimentos não processados refletem a contaminação Ambiental (Caruso, 2008).

4.10.2 ESTATÍSTICA EXPLORATÓRIA

Na análise estatística descritiva geral temos valores distintos para as múltiplas variáveis, isso devido às características numérica e analítica de cada composto avaliado. Alguns compostos não apresentaram variações ou variações significativas, em contrapartida, alguns compostos apresentaram amplitude com distâncias bem significativas, isso se deve principalmente ao nível de contaminação encontrado nos determinados pontos. No geral a média e desvio padrão, não se mostram, efetivo de avaliação do conjunto numérico, pois alguns pontos de análise dentro do banco de dados podem ser considerados como *outliers*, que acabam puxando os valores dessas métricas para as faixas superiores.

Tabela 22 – Tabela Estatística Exploratória. Resolução CONAMA 357/2005.

Variável	Média	EP Média	DesvPad	Variância	CoefVar	Soma	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Amplitude	Moda	N de Moda	Curtose	MDQS
Acrilamida	0,150876	0,0008756	0,0306089	0,0009369	20,29	184,37	0,15	0,15	0,15	0,15	1,22	1,07	0,15	1221	1222,00	0,0016862
Alacloro	0,05	0	0	0	0,00	61,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05	1221	*	0
Aldrin+ Deldrin	0,002	0	0	0	0,00	2,454	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0	0,002	1227	*	0
Atrazina	0,05	0	0	0	0,00	393,25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05	7865	*	0
Benzeno	10,6240	0,830273	81,7598	6684,66	769,57	103021	1	1	1	1	3534	3533	1	8256	555,93	5618,93
Benzidina	0,05	0	0	0	0,00	3,25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05	65	*	0
Benzo (a) antraceno	0,01	0	0	0	0,00	0,75	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01	75	*	0
Benzo (a) pireno	0,01	0	0	0	0,00	12,38	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01	1238	*	0
Benzo(b) fluoranteno	0,01	0	0	0	0,00	0,75	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01	75	*	0
Benzo(k) fluoranteno	0,01	0	0	0	0,00	0,67	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01	67	*	0
Carbaril	0,01	0	0	0	0,00	0,65	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01	65	*	0
Clordano (cis + trans)	0,005	0	0	0	0,00	4,49	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0	0,005	898	*	0
2-Clorofenol	19,0079	18,9579	164,180	26955,1	863,75	1425,59	0,05	0,05	0,05	0,05	1421,89	1421,84	0,05	74	75,00	25270,4
Criseno	18,9684	18,9584	164,185	26956,6	865,57	1422,63	0,01	0,01	0,01	0,01	1421,89	1421,88	0,01	74	75,00	25271,9
2,4 D	0,05	0	0	0	0,00	52,6	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05	1052	*	0
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,05	0	0	0	0,00	3,25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05	65	*	0
Dibenzo (a,h) antraceno	0,05	0	0	0	0,00	3,75	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05	75	*	0
1,2-Dicloroetano	0,0089125	0,0045707	0,159845	0,0255503	1793,49	10,9	0,001	0,001	0,001	0,001	3,4	3,399	0,001	1220	408,63	0,0375883
1,1-Dicloroetano	1	0	0	0	0,00	251	1	1	1	1	1	0	1	251	*	0
2,4-Diclorofenol	0,0502975	0,0002975	0,0082725	0,0000684	16,45	38,88	0,05	0,05	0,05	0,05	0,28	0,23	0,05	772	773,00	0,0000723
Diclorometano	0,714379	0,126287	4,41463	19,4890	617,97	872,971	0,001	0,001	0,001	0,001	81,08	81,079	0,001	1171	120,36	17,5113

DDT (DDT + DDE + DDD)	0,0022645	0,0012645	0,0442571	0,0019587	1954,40	2,774	0,001	0,001	0,001	0,001	1,55	1,549	0,001	1224	1225,00	0
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001	0	0	0	0,00	0,065	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0,001	65	*	0
Endossulfan	0,05	0	0	0	0,00	11,75	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05	235	*	0
Endrin	0,003	0	0	0	0,00	0,729	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0	0,003	243	*	0
Estireno	0,4801	0,133383	2,66766	7,11641	555,65	192,04	0,005	0,005	0,005	0,005	34,55	34,545	0,005	372	83,48	5,87226
Etilbenzeno	71,2381	53,7262	5301,77	28108784	7442,33	693716	0,863	0,863	0,863	0,863	516300	516299	0,863	7792	9240,51	28291451
Fenóis Totais	0,0618462	0,0118462	0,0955067	0,0091215	154,43	4,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,82	0,77	0,05	64	65,00	0
Glifosato	30	0	0	0	0,00	36600	30	30	30	30	30	0	30	1220	*	0
Gution	0,003	0	0	0	0,00	0,195	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0	0,003	65	*	0
Heptacloro	0,003	0	0	0	0,00	0,195	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0	0,003	65	*	0
Hexaclorobenzeno	0,003	0	0	0	0,00	0,219	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0	0,003	73	*	0
Indeno (1,2,3-cd) pireno	0,01	0	0	0	0,00	0,75	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01	75	*	0
Lindano	0,003	0	0	0	0,00	3,663	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0	0,003	1221	*	0
Malation	0,05	0	0	0	0,00	52,45	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05	1049	*	0
Metolacloro	0,0500573	0,0000573	0,0020033	0,0000040	4,00	61,12	0,05	0,05	0,05	0,05	0,12	0,07	0,05	1220	1221,00	0,0000072
Metoxicloro	0,003	0	0	0	0,00	0,195	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0	0,003	65	*	0
Paration	0,004	0	0	0	0,00	0,26	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0	0,004	65	*	0
PCBs - Bifenilas policloradas	0,0011918	0,0001347	0,0011506	0,0000013	96,54	0,087	0,001	0,001	0,001	0,001	0,008	0,007	0,001	71	33,89	0,0000019
Pentaclorofenol	0,0507711	0,0007711	0,0270656	0,0007325	53,31	62,55	0,05	0,05	0,05	0,05	1	0,95	0,05	1231	1232,00	0,0013156
Simazina	0,05	0	0	0	0,00	61,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05	1221	*	0
SURFACTANTES	11,9824	0,635456	31,5496	995,379	263,30	29536,7	0,2	0,2	1,91	10,12	600,68	600,48	0,2	681	82,93	632,806
2,4,5-T	0,05	0	0	0	0,00	11,85	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05	237	*	0
Tetracloroeto de carbono	1,00167	0,0016703	0,0622496	0,0038750	6,21	1391,32	1	1	1	1	3,32	2,32	1	1388	1389,00	0
Tetracloroeteno	0,832350	0,0014540	0,0509927	0,0026003	6,13	1023,79	0,83	0,83	0,83	0,83	2,31	1,48	0,83	1227	638,97	0,0014797
Tolueno	29,9151	10,6305	1049,57	1101588	3508,49	291612	0,871	0,871	0,871	0,871	76230	76229,1	0,871	7413	4817,43	1100983
Toxafeno	0,01	0	0	0	0,00	0,65	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01	65	*	0

2,4,5-TP	0,05	0	0	0	0,00	3,25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05	65	*	0
Tributilestanho	0,05	0	0	0	0,00	3,25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05	65	*	0
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,	1,21163	1,21063	18,5587	344,424	1531,71	284,734	0,001	0,001	0,001	0,001	284,5	284,499	0,001	234	235,00	364,593
Tricloroetano	0,001	0	0	0	0,00	1,328	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0,001	1328	*	0
2 , 4 , 6 - Triclorofenol	1,48706	1,48206	45,4633	2066,91	3057,26	1399,32	0,005	0,005	0,005	0,005	1394,62	1394,62	0,005	940	941,00	4370,70
Trifluralina	0,05	0	0	0	0,00	61,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05	1221	*	0
Xileno	520,662	373,052	36692,1	1346310905	7047,21	5036883	1,76	1,763	1,763	1,763	3283300	3283298	1,763	7510	6911,94	1363234001

Fonte: Autor.

4.11 PORTARIA 888/2021

A portaria 888/2021 trata especificamente de água para consumo humano, conforme definição no próprio documento, sendo colocada em vigor a Portaria GM/MS N° 888 em maio de 2021 e dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, na forma do Anexo XX, da portaria de Consolidação GM/MS n.º 5, de 28 de setembro de 2017.

Esta portaria estabelece a legislação para 54 agrotóxicos em águas para consumo, aplicando para cada um deles um limite máximo de resíduos (LMR) específico. Além de LMR, para 14 Substâncias químicas inorgânicas, 16 substâncias orgânicas e ainda 10 subprodutos de desinfecção (Brasil, 2021).

Na base de dados relativa a Portaria GM/MS 888/21 temos os dados abaixo detalhados, seguindo a mesma ordenação anteriormente explicada nos materiais e métodos, mantendo-se os estados do Paraná, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul, como estados com maior número de ocorrências de coletas:

Tabela 23 - Tabela quantitativa de solicitações. Portaria 888/21 por estado, pós-tratamento.

ESTADO	SOLICITAÇÕES	%
PR	777	61,04%
SC	314	24,67%
MS	182	14,30%
Total	1.273	100,00%

Fonte: Autor.

Tal predominância territorial no estudo, deve-se a área de atuação do laboratório A3q, assim como a concentração regional de agroindustrias. Com relação as matrizes cadastradas no sistema laboratorial (SIL), verifica-se 85 amostras denominadas como “efluente”, não sendo amostras preferenciais para aplicação da Portaria 888/2021, pois a portaria tem aplicação específica para água de consumo humano, cadastro e classificação abaixo detalhados.

Tabela 24 - Tabela quantitativa de solicitações. Portaria 888/21 por matriz, pós tratamento.

MATRIZ	QUANTIDADE	%
Água	1.188	93,32%
Efluente	85	6,68%
Total	1.273	100,00%

Fonte: Autor.

Nos cadastros relativos a Portaria 888/2021 ocorreram 85 cadastros

categorizados como efluentes, porém essa portaria é destinada a avaliação de água para consumo humano, sendo assim entendido como cadastro incorreto. Por se tratar de uma norma relativamente recente, pode-se entender também como uma ausência de conhecimento ou equívoco na interpretação da norma, visto que a interpretação e aplicação é realizada por cada usuário da norma.

Tabela 25 - Tabela quantitativa de solicitações. Portaria 888/21 por cidades (15 mais relevantes), pós-tratamento.

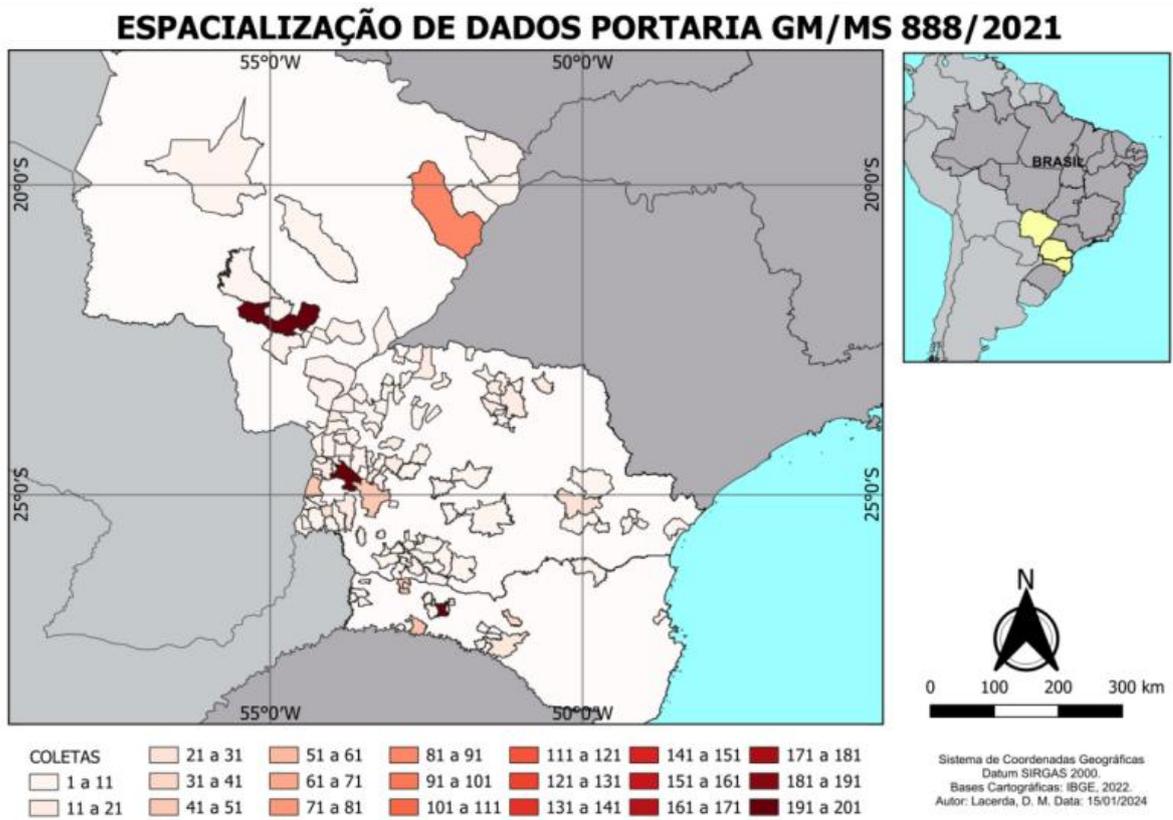
CIDADE	SOLICITAÇÕES	%
TOLEDO	196	15,40%
FAXINAL DOS GUEDES	135	10,60%
DOURADOS	73	5,73%
SANTA HELENA	48	3,77%
CASCAVEL	44	3,46%
SÃO LOURENÇO DO OESTE	33	2,59%
CHAPECÓ	32	2,51%
MEDIANEIRA	27	2,12%
PONTA GROSSA	27	2,12%
VIDEIRA	25	1,96%
TRES LAGOAS	22	1,73%
LONDRINA	21	1,65%
UBIRATÃ	19	1,49%
PARANAVAI	18	1,41%
MAUA DA SERRA	16	1,26%

Fonte: Autor.

Os dados espacializados para resolução Portaria GM/MS 888/21 encontram-se apresentados nas figuras 13, 14, 15 e 16. Sendo apresentados os dados integrais da região em estudo e após apresentados regionalizados segundo os estados de interesse do estudo.

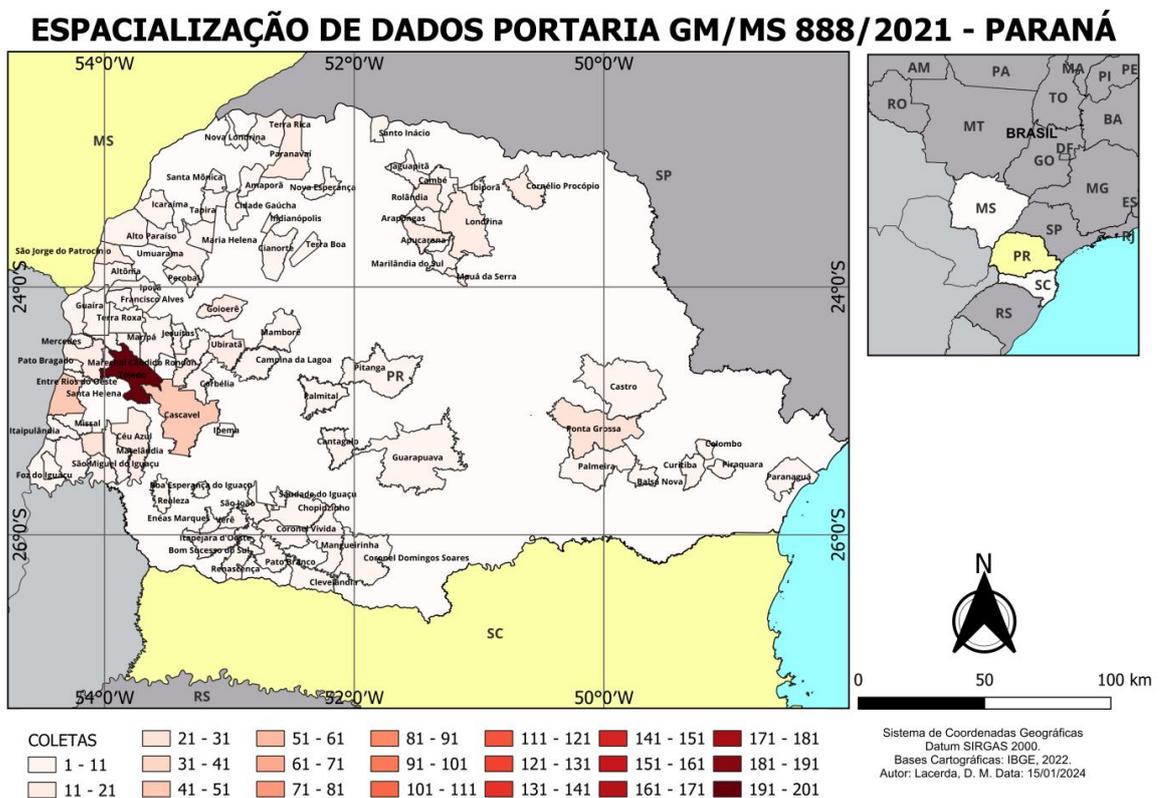
Observa-se, nos três estados do estudo, uma predominância em algumas cidades específicas, visto o processo industrial relacionado ser relativo a indústria alimentícia. Tais indústrias utilizam-se de água para consumo humano no processo industrial, justificando-se a monitoração e cuidado com a avaliação da água utilizada no processo.

Figura 20 - Mapa 16 - Espacialização Região do Estado. Portaria GM/MS 888/2021.



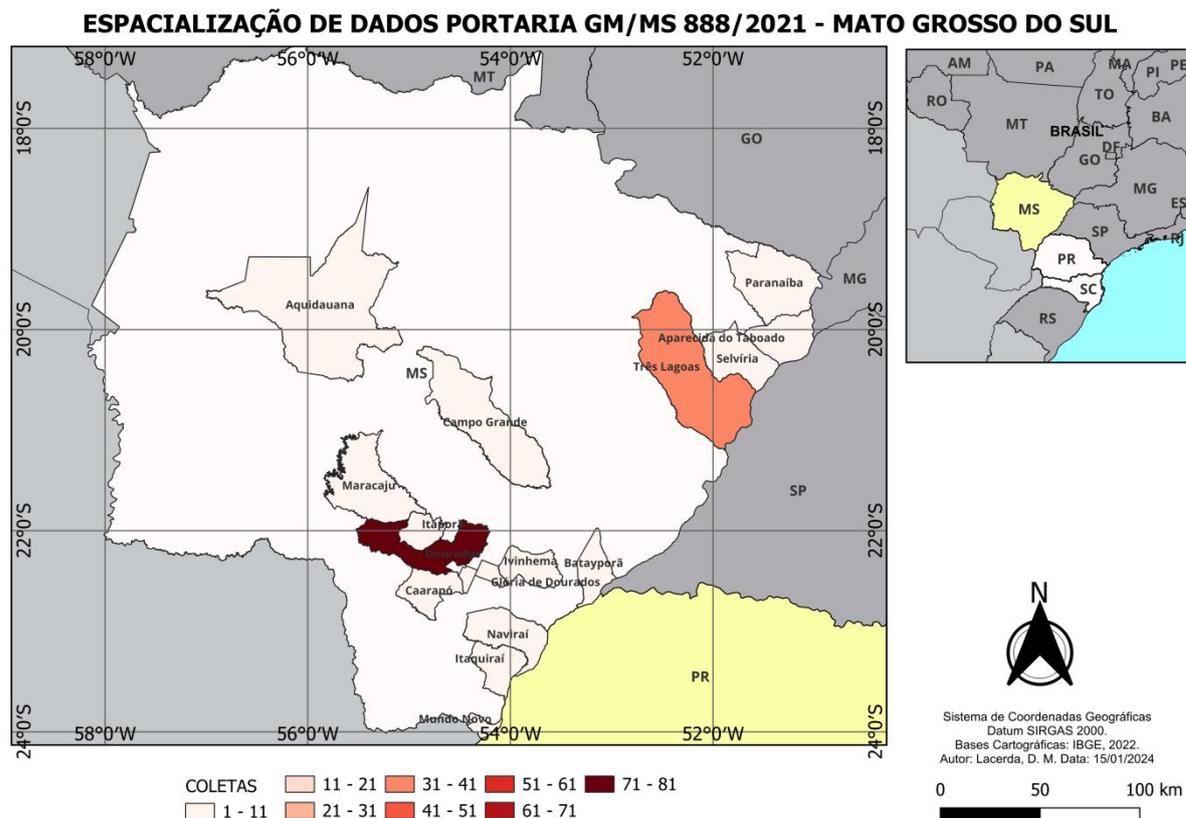
Fonte: Autor.

Figura 21 - Mapa 17 - Espacialização Paraná X Cidade. Portaria GM/MS 888/2021.



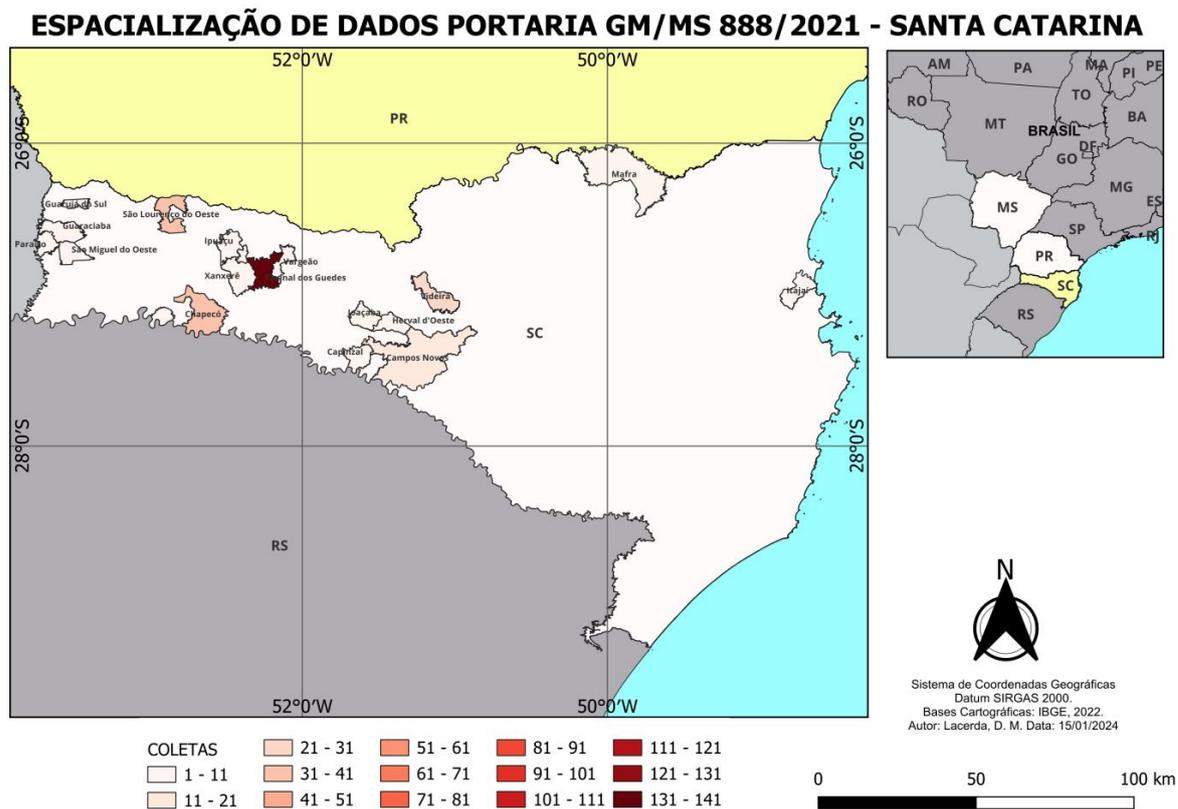
Fonte: Autor.

Figura 22 - Mapa 18 - Espacialização Mato Grosso do Sul X Cidade. PORTARIA GM/MS 888/2021.



Fonte: Autor.

Figura 23- Mapa 19 - Espacialização Santa Catarina X Cidade. PORTARIA GM/MS 888/2021.



Fonte: Autor.

Em toda análise espacial dos dados, assim como na avaliação do banco de dados verifica-se normalidade nos resultados com valores detectados para todos os compostos abaixo do limite determinado pela legislação. Apenas uma amostra de água, com cadastro referenciado para “poço artesiano” apresentou valores de detecção superiores aos limites estabelecidos pela legislação. Pode-se verificar no estudo, conforme demonstrado na Tabela 26, a presença de apenas uma amostra inconsistente quanto aos padrões pré-estabelecidos e esperados, quando comparados com a referida portaria.

Sendo que a legislação estabelece VMP de 1 µg/L, a referida amostra apresentou valor superior, sendo de 1,55 µg/L, demonstrando assim uma possível contaminação do local.

Tabela 26 - Tabela Estatística Exploratória. Portaria GM/MS 888/2021.

Variável	Média	EP Média	DesvPad	Variância	CoefVar	Soma	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Amplitude
2,4 D	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	297,00000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Alacloro	0,053000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	47,647000	0,053000	0,053000	0,053000	0,053000	0,053000	0,000000
Aldicarbe + Aldicarbesulfona + Aldrin + Dieldrin	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	420,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Ametrina	0,052000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	47,060000	0,052000	0,052000	0,052000	0,052000	0,052000	0,000000
Atrazina + S-Clorotriazinas (De	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	420,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Carbendazim	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	473,00000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Carbofurano	0,10500	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	88,51500	0,10500	0,10500	0,10500	0,10500	0,10500	0,000000
Ciproconazol	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	420,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Clordano	0,011000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	6,369000	0,011000	0,011000	0,011000	0,011000	0,011000	0,000000
Clorotalonil	0,051000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	42,993000	0,051000	0,051000	0,051000	0,051000	0,051000	0,000000
Clorpirifós + clorpirifós-oxon	0,10500	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	88,30500	0,10500	0,10500	0,10500	0,10500	0,10500	0,000000
DDT+ DDD+ DDE	0,01221	0,00121	0,04313	0,00186	353,30	15,54200	0,01100	0,01100	0,01100	0,01100	1,55000	1,53900
Difenoconazol	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	420,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Dimetoato + ometoato	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	420,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Diuron	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	420,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Epoxiconazol	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	473,00000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Fipronil	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	420,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Flutriafol	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	420,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Glifosato + AMPA	50,000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	42150,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	0,000000
Hidroxi-Atrazina	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	420,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Lindano (gama HCH)	0,010000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	7,030000	0,010000	0,010000	0,010000	0,010000	0,010000	0,000000
Malation	0,050000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	44,250000	0,050000	0,050000	0,050000	0,050000	0,050000	0,000000
Mancozebe + ETU	5,0000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	4205,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	0,000000
Metamidofós + Acefato	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	420,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Metolaclo	0,050000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	44,900000	0,050000	0,050000	0,050000	0,050000	0,050000	0,000000
Metribuzina	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	420,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Molinato	0,10400	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	89,12800	0,10400	0,10400	0,10400	0,10400	0,10400	0,000000
Paraquate	5,0000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	4205,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	0,000000
Picloram	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	419,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Profenofós	0,10000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	84,10000	0,10000	0,10000	0,10000	0,10000	0,10000	0,000000
Propargito	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	420,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Proticonazol + ProticonazolDe	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	420,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Simazina	0,051000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	45,849000	0,051000	0,051000	0,051000	0,051000	0,051000	0,000000
Tebuconazol	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	420,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Terbufós	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	583,00000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Tiametoxam	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	416,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000

Tiodicarbe	0,50000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	420,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,50000	0,000000
Tiram	5,00000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	4505,00000	5,00000	5,00000	5,00000	5,00000	5,00000	0,000000
Trifluralina	0,051000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	63,801000	0,051000	0,051000	0,051000	0,051000	0,051000	0,000000

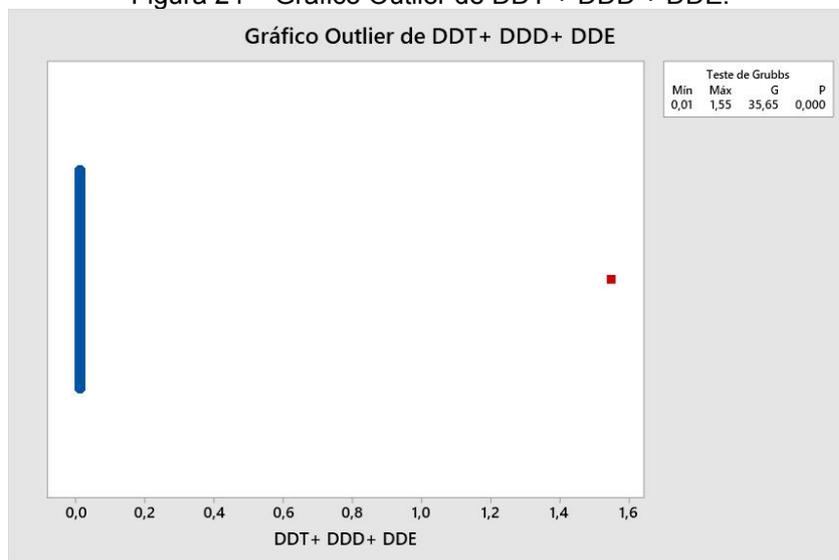
Fonte: Autor.

Ao realizar análise de *outlier*, verifica-se o apontamento pelo *software* como sendo uma amostra *outlier*, devido a característica e padrões encontrados nas outras 413 amostras das 414 avaliadas. Apenas uma amostra apresentou valores acima do esperado.

Outlier

Variável	Linha	Outlier
DDT+ DDD+ DDE	414	1,55

Figura 24 – Gráfico Outlier de DDT + DDD + DDE.



Fonte: Autor.

Nas bases de dados avaliada referente a Portaria GM/MS 888/21 temos um total de 1.494 OS's, contemplando um total de 41 compostos avaliados. O número inferior de OS's frente a Portaria CONAMA 357, dá-se pela temporalidade das duas portarias, sendo a Portaria 888 mais nova. Pode-se verificar a presença de resíduos de DDT+DDD+DDE em 01 amostra com valor de 1.550ug/L. Ressalta-se, nesse contexto, a importância da Portaria 888, que trata exclusivamente de água para consumo. Esse composto inseticida tem comercialização proibida no Brasil.

Segundo D'Amanto *et. al* (2002), o diclorodifeniltricloroetano (DDT) é o mais conhecido dentre os inseticidas do grupo dos organoclorados. O DDT é considerado uma das substâncias sintéticas mais utilizadas e estudadas no século XX. No Brasil, as primeiras medidas restritivas se deram em 1971, com a Portaria n.º 356/71, que

proibiu a fabricação e comercialização de DDT e BHC para combate de ectoparasitos em animais domésticos no país, obrigando os fabricantes a recolherem os produtos, mas isentou os produtos comerciais indicados como larvicidas e repelentes de uso tópico; e com a Portaria n.º 357/71, que proibiu em todo o território nacional o uso de inseticidas organoclorados em controle de pragas em pastagens.

Ferreira (2022) destaca que no século XX os poluentes organoclorados, como o diclorodifeniltricloroetano (DDT), foram muito utilizados como defensivos agrícolas. No Brasil, o DDT teve sua comercialização proibida em 1985 e sua importação e estoque em 2009. O DDT é lipofílico e, por isso, pode associar-se com o excesso de peso, pois acumula-se no tecido adiposo e é excretado em matrizes lipídicas como o leite materno.

O DDT foi usado em todo o mundo como um inseticida organoclorado para controlar pragas agrícolas e vetores de várias doenças humanas transmitidas por insetos, como é o caso da malária. Foi proibido na maioria dos países industrializados na década de 1970 e no Brasil sua proibição ocorreu para fins agrícolas, em 1985, e posteriormente em 1998, para fins sanitários. Entretanto, devido à sua persistência no meio ambiente, os resíduos de DDT permanecem nos compartimentos ambientais, sendo encontradas na cadeia alimentar, tornando-se fontes de exposição e contaminação de longo prazo (Solivo, 2022).

Devido à sua persistência ambiental, os resíduos de DDT continuam presentes em diferentes partes do meio ambiente, incluindo a cadeia alimentar, levantando preocupações sobre sua bioacumulação e potencial impacto na saúde humana. Estudos mostraram danos à saúde, como distúrbios neurológicos, problemas de fertilidade e riscos de câncer. Essa situação destaca a necessidade de políticas públicas que priorizem a saúde e o meio ambiente, sendo que a pesquisa atual busca entender as mudanças na interação entre humanos e ambiente, adotando uma abordagem interdisciplinar que combina História Ambiental e História da Saúde. (Solivo, 2024).

De acordo com os autores Cohn *et. al* (2020), a exposição ao DDT pode aumentar o risco de câncer de mama devido à sua capacidade de causar alterações hormonais no corpo. De acordo com uma projeção feita pela OMS, a incidência de novos casos de câncer em todo o mundo chega a 10 milhões por ano.

D'amanto (2002) ressalta as vias de contaminação, sendo que o ser humano pode ser contaminado por exposição direta (inalação) ou por alimentos contaminados por DDT. Sendo lipossolúvel, possuem apreciável absorção tecidual. São facilmente absorvidos pelas vias respiratórias e digestivas. Devido à grande lipossolubilidade e a lenta metabolização, acumulam-se na cadeia alimentar e no tecido adiposo. Podem levar o indivíduo contaminado a apresentar sinais e sintomas clínicos, tanto agudos quanto crônicos.

Na intoxicação aguda, o contato direto ou a exposição a altas doses de DDT pode provocar sintomas imediatos, como tonturas, náuseas, vômitos, dores de cabeça e irritação nas vias respiratórias. Em casos severos, podem ocorrer convulsões, tremores musculares e perda de consciência. Já na intoxicação crônica, a exposição prolongada ao DDT, mesmo em baixas doses, está associada a sérios problemas de saúde. Isso inclui distúrbios hormonais devido à capacidade do DDT de atuar como um disruptor endócrino. Além disso, a bioacumulação do DDT no tecido adiposo ao longo do tempo pode resultar em danos hepáticos, doenças neurológicas, problemas reprodutivos e maior risco de câncer. A cronicidade da exposição também contribui para o acúmulo do DDT na cadeia alimentar, ampliando os efeitos nocivos na saúde humana.

À vista do exposto, verifica-se a importância das análises laboratoriais no âmbito ambiental e o reforço da fiscalização, sendo peças fundamentais na descoberta de locais contaminados que podem estar levando pessoas, animais, vegetações, entre outros, à exposição aos compostos utilizados, tanto na agricultura, quanto em processos ambientais e, ainda, evidenciando o descarte e ou manipulação inadequados.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se, a partir dos dados apresentados e discutidos, a grande importância da contínua monitoração e acompanhamento das fontes de águas. Devido à grande atividade envolvida na produção agroindustrial em torno dessas fontes, o monitoramento faz-se relevante em torno dessas atividades, principalmente, pela relação com a atividade humana e influência ao meio ambiente. Verifica-se e reforça-se a importância de mapear e controlar a contaminação e a presença de resíduos químicos em águas nos três estados do estudo, por serem importantes na produção agrícola e agroindustrial do Brasil, bem como por serem estados com bacias hidrográficas regionais importantes.

Evidencia-se a relevância do monitoramento e da análise da qualidade da água, frente ao uso intensivo de agrotóxicos e seus metabólitos. A pesquisa, baseada em dados estatísticos do Laboratório A3Q permitiu identificar padrões de contaminação em amostras de água e efluentes, considerando os parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e pela Portaria GM/MS 888/2021.

A continuidade e inclusão de novos períodos se faz necessário a fim de acompanhar a evolução e aplicação do monitoramento, o qual demonstra a importância e as responsabilidades das empresas envolvidas nesses processos industriais e produtivos.

Os resultados demonstraram que resíduos de compostos orgânicos de alta toxicidade, como organofosforados e carbamatos estão presentes nas matrizes avaliadas, indicando riscos ambientais e à saúde pública. Essa contaminação reforça a necessidade de políticas mais efetivas de fiscalização e gestão sustentável dos recursos hídricos, ademais da importância de práticas agrícolas mais conscientes, alinhadas aos princípios de ESG.

A distribuição espacial traz um olhar mais crítico e visual para os dados aqui avaliados, demonstrando cidades que são eixos fundamentais nesse monitoramento, evidenciando a relevância de cidades estratégicas e de bacias em seus entornos.

O monitoramento cada vez mais intenso e global de regiões demonstra-se como sendo importante na aplicação de leis criadas para controle, visando a proteção do ambiente e das atividades.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verifica-se a necessidade de estudos mais amplos sobre as bases de dados apresentadas, visto a quantidade de dados, faz-se necessário um olhar mais apurado a fim de encontrar novas correlações e novas associações.

Estudos de correlação e avaliações constantes de dados de análises laboratoriais de padrões de rios e fontes de águas, associados a legislações vigentes, são de suma importância para demonstrar o estado atual e sua evolução em detrimento ao tempo, trazendo, assim, maior consciência sobre o uso desses recursos, fundamentais para a sociedade e economia.

Fica evidente que o monitoramento constante desses compostos, em todo o processo, deve ser contínuo e deve levar a mudanças, na forma de tratamento e produção, a fim de minimizar cada vez mais o aparecimento desses resíduos e contaminação de corpos hídricos e bacias.

7 REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA 2017-2018**. 2019a. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-deresiduos-em-alimentos/arquivos/3770json-file-1>. Acesso em: 10 jan. 2024.
- AHMED, S.; Abuzaid, Hossam S.; Jahin, S. Combinations of multivariate statistical analysis and analytical hierarchical process for indexing surface water quality under arid conditions. **Journal of Contaminant Hydrology**, v. 248, p. 104005, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2022.104005>. Acesso em: 27 set. 2024.
- AMARAL, I. C. C.; CARVALHO, L. V. B. de; PIMENTEL, J. N. da S.; PEREIRA, A. C.; VIEIRA, J. A.; CASTRO, V. S. de; et al. Avaliação ambiental de BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos) e biomarcadores de genotoxicidade em trabalhadores de postos de combustíveis. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 42, e8s, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-6369000124515>. Acesso em: 27 out. 2024.
- ARANHA, Ana; CABETTE, André; FREITAS, Hélen. **Brasil é 2º maior comprador de agrotóxicos proibidos na Europa, que importa alimentos produzidos com estes químicos**. 2020. Disponível em: <https://reporterbrasil.org.br/2020/09/%EF%BB%BFbrasil-e-2o-maior-comprador-de-agrotoxicos-proibidos-na-europa-que-importa-alimentos-produzidos-com-estes-quimicos/>. Acesso em: 16 jul. 2022.
- BETTIN, S. M.; Franco, D. W. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) em aguardentes. **Food Science and Technology**, v. 25, n. 2, p. 234–238, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000200008>.
- BISQUERRA, R. **Introdução à estatística: enfoque informático com o pacote estatístico SPSS**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabeleceu diretrizes ambientais para o enquadramento. Brasil: CONAMA, 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde - MS. **Portaria GM/MS nº 888**, de 4 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, na forma do Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017. Brasil: MS, 2021.
- BRASIL. **Decreto nº 5.472**, de 20 de junho de 2005. Promulga o texto da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes. Brasília: Casa Civil, 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5472.html. Acesso em: 16 jul. 2022.
- BRASIL. **Lei nº 7802**, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a

importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.html. Acesso em: 16 jul. 2022.

CABRERA, L. C.; VIEIRA, M. G.; STEINKE, G.; ARIAS, J. L. de O.; PRIMEL, E. G. Avaliação da Contaminação por Agrotóxicos em Mananciais de Municípios da Região Sudoeste do Paraná. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 5, 2017.

CARUSO, M. S. F.; ALABURDA, J. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - benzo(a)pireno: uma revisão. **Instituto Adolfo Lutz, Divisão de Bromatologia e Química**, São Paulo, SP/Brasil. 2008.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Avaliação de benzeno, tolueno, o-xileno, m, p-xileno e etilbenzeno na atmosfera da estação de monitoramento de Pinheiros - Município de São Paulo – SP. 2013 - 2014**. São Paulo, 2016.

CETESB; Convenção de Estocolmo: **Poluentes Orgânicos Persistentes – A Convenção**; Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/centroregional/a-convencao/>>; Acesso em: 17 de jul. 2022.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Ficha de Informação Toxicológica – Benzeno**. São Paulo: CETESB, ano de publicação. Atualizado em: 2022. Disponível em: [<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2021/05/Benzeno.pdf>]. Acesso em: 18 de out de 2024.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Ficha de Informação Toxicológica – Tolueno**. São Paulo: CETESB, ano de publicação. Atualizado em: 2023. Disponível em: [<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2023/12/TOLUENO.pdf>]. Acesso em: 18 de out de 2024.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Ficha de Informação Toxicológica – Etilbenzeno**. São Paulo: CETESB, ano de publicação. Atualizado em: 2022. Disponível em: [<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2022/02/Etilbenzeno.pdf>]. Acesso em: 18 de out de 2024.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Ficha de Informação Toxicológica – Xileno**. São Paulo: CETESB, ano de publicação. Atualizado em: 2023. Disponível em: [<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Xileno.pdf>]. Acesso em: 18 de out de 2024.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Ficha de Informação Toxicológica – Diclorometano**. São Paulo: CETESB, ano de publicação. Atualizado em: 2022. Disponível em: [<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2022/02/Diclorometano.pdf>]. Acesso em: 18 de out de 2024.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Ficha de Informação Toxicológica – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA's)**. São Paulo: CETESB, ano de publicação. Atualizado em: 2022. Disponível em: [<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2021/05/HPAs->

Hidrocarbonetos-Polici%CC%81clicos-Aroma%CC%81ticos.pdf]. Acesso em: 18 de out de 2024.

CHIARADIA, M. C.; COLLINS, C. H.; JARDIM, I. C. S. F. O estado da arte da cromatografia associada à espectrometria de massas acoplada à espectrometria de massas na análise de compostos tóxicos em alimentos. **Química Nova**, v. 31, n. 3, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000300030>.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim de Safra de Grãos, 3º Levantamento 2023/24**. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 08 jan. 2024.

D'Amato, C.; Torres, J. P. M.; Malm, O. DDT (dicloro difenil tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental - uma revisão. **Química Nova**, v. 25, n. 6a, p. 995–1002, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000600017>. Acesso em: 24 out. 2023.

DAVID, H. C. **Apostila de Estudo: Estatística Básica**. Universidade Federal Rural da Amazônia - Campus Capitão Poço. Capitão Poço - PA: UFRA, 2016.

DRUNKLER, D. A.; COSMANN, N. J. Agrotóxicos utilizados nas culturas de milho e soja em Cascavel-PR. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Medianeira, v. 2, n. 6, p. 15–32, dez. 2012.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja em números** (safra 2020/21). Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 18 jul. 2022.

EMBRAPA; Empresa Brasileira de Agropecuária. **Qualidade da Água no Meio Rural: Principais Indicadores e Procedimento de Coleta para Análise**; Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/229302/1/DOCUMENTOS-517.pdf>>; Acesso em: 08 de jan. 2024.

Fernandes Neto, Maria de Lourdes. **Norma Brasileira de Potabilidade de Água: Análise dos parâmetros agrotóxicos numa abordagem de avaliação de risco**. / Maria de Lourdes Fernandes Neto. Rio de Janeiro: s.n., 2010.

FERREIRA, Ana Lorena Lima et al. Presença de poluentes organoclorados no leite humano e sua associação com o excesso de peso pré-gestacional. In: **Anais do 13º Congresso Brasileiro de Saúde Coletiva**, 2022, Salvador. Anais eletrônicos. Campinas, Galoá, 2022. Disponível em: <<https://proceedings.science/abrascao-2022/trabalhos/presenca-de-poluente-organoclorados-no-leite-humano-e-sua-associacao-com-o-exce?lang=pt-br>> Acesso em: 27 Set. 2024.

GABOARDI, Shaiane Carla; CANDIOTTO, Luciano Zanetti Pessoa; RAMOS, Lucinéia Maria. Perfil do uso de agrotóxicos no Sudoeste do Paraná (2011-2016). **Revista NERA**, v. 22, n. 46, p. 13-40, jan.- abr. 2019.

GAMA, E. G. et al. Análise de resíduo de agrotóxicos em produtos de origem vegetal e animal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 873-878, 2008.

Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000400017>. Acesso em: 18 jul. 2022.

GONÇALVES, C.; ALMEIDA, M. L.; PAREDES, J.; CORDEIRO, F. Evolução do uso de agrotóxicos no Brasil: Um estudo sobre as consequências ambientais e à saúde humana. **Revista de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, p. 132–148, 2020.

HAR, Irigaray, STOCKER F. ESG: novo conceito para velhos problemas. **Cad EBAPEBR** [Internet]. 2022Jul;20(Cad. EBAPE.BR, 2022 20(4)). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1679-395186096>. Acesso em 01 Fev.2022

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil: 2015** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais; Coordenação de Geografia. – Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 352p. – (Estudos e pesquisas. Informação geográfica, ISSN 1517-1450; n. 10).2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>>; Acesso em: 16 de jul. 2022.

INCA - Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. **Agrotóxicos: Saúde, ambiente e sustentabilidade**. 2022. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/publicacoes/livros/agrotoxicos-saude-ambiente-e-sustentabilidade>. Acesso em: 10 jan. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. **Orientação sobre validação de métodos analíticos**. DOQ-CGCRE-008 - Revisão 07. 2018.

KOCH, P. **Introdução à Estatística**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1997.

KUPSKE, M. Daniela; DOS SANTOS, R. B. Gustavo. **Uso de agroquímicos no cultivo da soja e suas consequências para a saúde humana e meio ambiente: uma revisão da literatura**; Teresina: Uninovafapi, 2018.

LACERDA, E. M.; MENDES, R. S. Análise de resíduos de pesticidas em alimentos: Avaliação do risco à saúde humana. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 7, n. 2, p. 91–99, 2018.

LARENTIS, K. U. **Determinação de resíduos de agrotóxicos em feijão preto empregando método quechers e uhplc-ms/ms**; Santa Maria, RS; 2023.

LORDELO, Maurício Santana; PESSOA, Jonatan Onis; ORRICO, Sílvio Roberto Magalhães; Qualidade da água de rios em cidades do Estado da Bahia; **Eng Sanit Ambient** | v.23 n.4 | jul/ago 2018 | (687-696); 2018.

- MARTINS, A. P.; OLIVEIRA, M. S.; QUEIROZ, A. C. Avaliação da contaminação por agrotóxicos em águas superficiais no Brasil: uma revisão. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 3, p. 103–120, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/geas.v9i3.15549>. Acesso em: 27 out. 2024.
- MELO, P. R.; CAMPOS, S. S.; BATISTA, R. M. Avaliação de agrotóxicos no Brasil e alternativas sustentáveis. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 3, p. 744–754, 2019.
- MIRANDA, F. F.; SOUZA, M. L. Contaminação ambiental e os riscos dos agrotóxicos para a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, v. 52, e45, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2018052000153>. Acesso em: 10 jan. 2024.
- MONTAGNER, C. C., Dias, M. A., Paiva, E. M., & Vidal, C.. (2021). Microplásticos: Ocorrência ambiental e desafios analíticos. **Química Nova**, 44(10), 1328–1352. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170791> Acesso em: 27 Set. 2024.
- NOGUEIRA RFP, Modé DF. Fotodegradação de fenol e clorofenóis por processo foto-Fenton mediado por ferrioxalato. **Eclét Quím** [Internet]. 2002;27(spe):169–85. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-46702002000200015>
- OMS - Organização Mundial da Saúde. Diretrizes para a qualidade da água potável. 4ª edição. Genebra, 2017.
- PEREIRA, L. A.; MOREIRA, E. G. Estudo de resíduos de agrotóxicos em solos agrícolas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 33, n. 2, p. 635–641, 2009.
- PIGNATI, W. A.; MACHADO, J. M. H.; MACHADO, L. C.; et al. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para vigilância em saúde. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 10, p. 3281–3293, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-812320172210.17742017>. Acesso em: 27 out. 2024.
- PRIMEL, E. G.; FURTADO, A. L.; JARDIM, I. C. S. F. Uso de métodos multirresíduos para análise de pesticidas em águas superficiais no Brasil. **Química Nova**, v. 33, n. 4, p. 1045–1053, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000400038>. Acesso em: 18 jul. 2022.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14 ed. Piracicaba: Degaspari, 2000.
- SANTA CATARINA, SEMA - Secretaria Estadual de Meio Ambiente. **Boletim Qualiágua SC; Monitoramento da qualidade das águas** - vertente atlântica de Santa Catarina; Campanha 04/2022; 2022; Disponível em: https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DRHI/cadastro_de_usuarios_de_recursos_hidricos/Monitoramento%20Qualidade%20das%20Aguas/Boletim_QualiaguaSC_04_2022.pdf. Acesso em: 08 de jan. de 2024.
- SARTOR, M. A.; COSTA, F. S.; SANTOS, J. A. Contaminação por agrotóxicos e seus impactos na saúde pública. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 17, n. 3, p. 618–628, 2014.

SARTORI, A. V. **Vigilância da qualidade da água para consumo humano: estudo de clorofenóis**. 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Vigilância Sanitária)- Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2007

SCHISSATTI, M.L. **Uma Metodologia de Implantação de Cartas de Shewhart para o Controle de Processos**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 1998.

SEMA- PR, Secretaria Estadual de Meio Ambiente. **Elaboração do plano estadual de Recursos Hídricos, Avaliação e proposição da rede de monitoramento hidrometeorológica e de qualidade da água**. Volume II, Aguas subterrâneas, Revisão Final; 2006.

SILVA, B. C. O. da. **Método QuEChERS para extração e purificação de resíduos de antibióticos em amostras de leite**: uma revisão sistemática. / Bruna Carol Oliveira da Silva. Itapetinga - BA: UESB, 2023.

SILVA, Ronald Henrique Rodrigues Delfino da. **Higienização em indústrias Alimentícias**. UFPB/Tecnologia. João Pessoa. 2023.

SINDAG - Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal. **Relatório Anual de Agrotóxicos no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://www.sindag.org.br/relatorio-anual>. Acesso em: 10 jan. 2024.

SOUZA, E. F. M. de; PETERNELLI, L. A.; MELLO, M. P. de. **Software livre r: aplicação estatística**. 2014.

SOUZA, Larissa Pinheiro de et al. Estudo da degradação do 2,4,6-triclorofenol em coluna empacotada com metais de valência zero. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**. São Paulo: Edgard Blucher. Disponível em: <https://doi.org/10.5151/cobeq2018-CO.069>. Acesso em: 27 out. 2024. , 2018.

SOUZA, A. P.; SILVA, C. R.; LIMA, D. M. A utilização de agrotóxicos no Brasil e seus impactos no meio ambiente. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 29, p. 93–104, 2021.

SOLIVO, Leticia. **História do ddt no brasil (1940 a 1980)**: De defensivo a veneno. 2022, Universidade Federal da Fronteira Sul, UFFS, Chapecó, SC, 2022.

SOLIVO, L. (2024). Reflexões sobre o legado do DDT na saúde humana. *Ambiência - Revista Do PPGDC UNICENTRO*, 17, 11435404. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11435404>. 2024. Acesso em: 27 Set. 2024.

SUDERHSA. **Elaboração: ATIG/SUDERHSA**. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/bacias_hidrograficas_a4.pdf. Acesso em: 15 jul. 2022.

PIRACELLI VP, Amador IR, Sabino FC, Pinto JP, Silva Jr. CR, Solci MC. Emissões de poluentes atmosféricos em condições reais de pavimentação asfáltica: material

particulado, black carbon e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. **Quím Nova** [Internet]. 2020Apr;43(4):404–12. Available from: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170509>

TODESCHINI, V. R. et al. Avaliação da toxicidade de compostos organoclorados em ecossistemas aquáticos. **Revista de Química Industrial**, v. 35, n. 7, p. 27–33, 2023.

TOMAZ, Alveriana Tagarro; BARTHUS, Rosângela Cristina; COSTA, Carla Regina; RIBEIRO, Josimar. Descontaminação de águas residuais contendo poluentes orgânicos: uma revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 15, n. 1, p. 183-199, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20220076>. Acesso em: 27 de out de 2024.

VEIGA MM, Silva DM, Veiga LBE, Faria MV de C. Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. **Cad Saúde Pública** [Internet]. 2006 Nov;22(11):2391–9. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2006001100013>

VIANNA, G. A.; BARROS, D. A. Metodologias de avaliação de resíduos de agrotóxicos em produtos agrícolas. **Revista Brasileira de Toxicologia**, v. 24, p. 46–53, 2011.

VIALI, Lorí. **Série Estatística Multivariada**. Rio Grande do Sul: PUC-RS, 2014.